

## **SISTEMA DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADO PARA ZONAS URBANAS**

**Guillermo Jesuita Perez Marroquin<sup>1\*</sup>; Sigfrido David Morales Fernandez<sup>2</sup>; Raúl Berdeja Arbeu<sup>2</sup>; Fabiel Vazquez Cruz<sup>2</sup>; José Eduardo Desiderio Lorenzo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Colegio de Posgraduados de Posgraduados de México, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo. 56230 Texcoco, Estado de México, México.

perez.guillermo@colpos.mx - 2225985019 (\*Autor de correspondencia)

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Av. Universidad s/n. 73965 San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla.

---

### **Resumen**

El crecimiento demográfico está ejerciendo una presión sobre los recursos agua y suelo, además se estima que para el año 2050 el 63% de las personas en el mundo viva en zonas urbanas, ante estas problemáticas se busca encontrar métodos de producción que sean eficientes en el uso de estos recursos naturales, la producción de cultivos sin suelo nos permite un mayor ahorro en los recursos hídricos. El objetivo de la presente investigación fue diseñar y construir un prototipo de producción de cultivos para zonas urbanas. Se evaluaron tres sistemas de producción (Técnica de la película del nutriente, Raíz flotante y Aeropónico) teniendo como material vegetativo el cultivo de Lechuga tipo italiana (*Lactuca sativa* L.). El experimento se realizó en condiciones de laboratorio donde se utilizaron luces leds de espectro completo como fuente de energía, se midieron variables de temperatura ambiental, humedad relativa, temperatura de la solución nutritiva, conductividad eléctrica y potencial de hidrogeno. Para el análisis estadístico se empleó un diseño de bloques completamente al azar con nueve repeticiones por tratamiento. Se evaluó el peso fresco de hojas y raíz, peso seco de hojas y raíz, altura de la planta, número de hojas, longitud de raíz y contenido de macro y microelementos. Los resultados obtenidos demostraron que la técnica de la película del nutriente fue mejor, con una diferencia significativa del cultivo en todas las variables evaluadas en comparación de los sistemas de raíz flotante y aeropónico.

**Palabras claves:** aeroponía, luz led, raíz flotante, película nutrimental.

## Introducción

Actualmente, el 55 % de la población en el mundo viven en ciudades. Según el nuevo informe de la Organización de las Naciones Unidas, se estima que esta proporción aumentará hasta un 13 % de cara al año 2050 (ONU, 2018), por lo que la agricultura necesitará incrementar su producción un 60 % a nivel global, y un 100 % más en países en desarrollo, lo anterior provocará que el grado de presión sobre los recursos agua y suelo aumenten exageradamente (FAO, 2013).

Además del crecimiento demográfico mundial, se tiene que proteger y mejorar el uso de recursos naturales al mismo tiempo que se aumente la efectividad de ellos. Debido a lo anterior expuesto, el tema de la pérdida de alimentos ha recibido gran atención como una de las características cruciales de los sistemas alimentarios ineficientes a nivel mundial, reducir la pérdida de alimentos a lo largo de la producción y las cadenas de suministro, incluidas las pérdidas post cosecha (FAO, 2016).

En este contexto se requiere el desarrollo de nuevas tecnologías que busquen satisfacer la demanda de alimentos actual y en un futuro, impulsando a la población de zonas urbanas a producir sus propios alimentos.

Una alternativa para impulsar la agricultura urbana es la implementación de modelos de producción automatizados, en los cuales el usuario solo tenga que invertir una pequeña parte de su tiempo.

La hidroponía nos permite cultivar alimentos en cualquier lugar, en grandes ciudades se está implementando los sistemas automatizados con el uso de luz artificial para sustituir la luz solar y obtener una adecuada producción con estándares de calidad acordes al mercado.

## Materiales y Métodos

### Ubicación espacial

La investigación se realizó en el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ciencias Agrícolas y pecuarias (FCAyP) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), localizada en la región nororiental del Estado de Puebla, en la junta auxiliar de San Juan Acateno, perteneciente al Municipio de Teziutlán, Puebla. El laboratorio se encuentra ubicado a 19°52'32" latitud norte y 97°21'36" longitud Oeste, a una altitud de 1675 msnm (INEGI, 2010).

### Etapas de la investigación

El desarrollo de esta investigación consistió en 3 etapas. En la primera se construyó el módulo de producción, en esta etapa se desarrolló e implementó un sistema de monitoreo de variables climáticas por medio de sensores y un sistema de control automático de encendido/apagado de lámparas LED y de la bomba hidráulica, así como el diseño y construcción de 3 sistemas de producción los cuales fueron distribuidos de la siguiente manera: en la parte superior se estableció el sistema NFT (Nutrient film technique) por sus siglas en inglés, en la parte central el sistema de raíz flotante y en la parte inferior el sistema aeropónico. La segunda etapa consistió en establecer y evaluar el cultivo de lechuga bajo los tres tratamientos, y la tercera etapa se analizaron los datos obtenidos

durante el crecimiento y desarrollo de la lechuga y a otros estudios que se realizaron posteriores a la cosecha.

### **Primera etapa**

#### Diseño y Construcción del módulo de producción

El módulo de producción se diseñó utilizando el software SketchUp versión 2020 de Trimble, para el diseño se utilizó el modelo propuesto por Despommier (1999) en el cual se reemplaza el cultivo tradicional por una estructura vertical de varios pisos, El diseño del prototipo cuenta con un total de 3 niveles con separación de 0.60 m y superficie de 0.72 m<sup>2</sup>.

Cada nivel se conformó por un sistema de producción diferente, en el nivel superior se encuentra el sistema NFT compuesto por 3 tubos de policloruro de vinilo (PVC) de 152 mm de diámetro color blanco (esto con la finalidad de obtener una reflexión difusa y de esta manera proporcionar mejores condiciones de luz para las plantas) con longitud de 1.20 m y separación de centro a centro de 0.20 m, la solución nutritiva en este tratamiento es inyectada por medio de una electroválvula que la distribuye por medio de conectores con gomas, codos, tee's y manguera de polietileno color negro de 16 mm de diámetro y recircula hacia el costado izquierdo donde regresa a través de un tubo recolector de 1 pulgada al tanque de almacenamiento.

En el nivel central se estableció el sistema de raíz flotante, fabricado en fibra de vidrio de 0.60 de ancho por 1.20 m de largo y 0.12 m de altura, se le aplicó una capa de primer anticorrosivo color negro con la finalidad de evitar el desarrollo de algas y finalmente se recubrió con una placa de unigel de 0.015 m de ancho con 24 cavidades, la solución nutritiva en este tratamiento es inyectada por medio de una electroválvula colocada en el costado derecho y recircula hacia el costado izquierdo donde regresa a través de una brida de 0.0127 m al tanque de almacenamiento.

En el nivel inferior se estableció el sistema aeropónico en este sistema al igual que el de raíz flotante se utilizó un tanque de fibra de vidrio de 0.60 m de ancho por 1.20 m de largo y 0.60 m de altura, se recubrió con una placa de unigel de 0.015 m de ancho con 24 cavidades, en este tanque también se almacena la solución nutritiva, posteriormente fue inyectada por medio de una electroválvula y 4 nebulizadores de 4 salidas modelo coolnet de la marca Netafim, en este tratamiento la solución cae directamente al tanque de almacenamiento.

### **Segunda etapa**

#### Material biológico

Se emplearon semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L) variedad Parris Island (lechuga orejona), las cuales fueron sembradas en charolas de espuma agrícola, con bloques de 2.5 \* 2.5 cm, las charolas se mantuvieron con niveles altos de humedad para evitar estrés hídrico y se almacenaron en un lugar con una luminosidad de entre 1200 luxes, esto con la finalidad de acelerar la germinación.

#### Solución nutritiva

La solución nutritiva empleada para la nutrición del cultivo (Cuadro 1) fue la propuesta por Steiner (2011) para su elaboración se utilizaron fertilizantes comerciales y se midieron

los parámetros de potencial de hidrogeno y conductividad eléctrica previo a su elaboración.

**Cuadro 1.** Cantidad de fertilizantes empleados para la solución nutritiva para preparar 1000 litros de solución.

Elemento	Concentración (ppm)	Fuente	Nombre comercial
<b>N</b>	210	-	-
<b>P</b>	50	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Fosfato monoamónico
<b>K</b>	240	KNO <sub>3</sub>	Nitrato de potasio
<b>Ca</b>	200	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Nitrato de calcio
<b>Mg</b>	45	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Nitrato de magnesio
<b>S</b>	70	MgSO <sub>4</sub>	Sulfato de magnesio
<b>Fe</b>	2	-	Ultrasol micro mix
<b>Mn</b>	0.8	-	Ultrasol micro mix
<b>B</b>	0.5	-	Ultrasol micro mix
<b>Cu</b>	0.15	-	Ultrasol micro mix
<b>An</b>	0.15	-	Ultrasol micro mix
<b>Mo</b>	0.1	-	Ultrasol micro mix

Los parámetros que se midieron para que el cultivo de lechuga pueda asimilar la solución son:

- Conductividad eléctrica: de 1.5 a 2.5  $\mu\text{S cm}^{-1}$
- Sólidos disueltos (TDS): entre 650 y 1500 PPM
- pH: entre 5.5 y 6.5
- Temperatura: entre 15 y 24 ° C

### Tercera etapa

Diseño experimental: el diseño utilizado fue bloques completos al azar, se evaluaron tres tratamientos y nueve repeticiones. La unidad experimental consistió en una planta de lechuga.

Variables evaluadas: variables ambientales: se midieron variables de la temperatura ambiental (°C) y la humedad relativa (%) con el sensor DHT11, además el sistema guardó variables de la solución nutritiva como temperatura, conductividad eléctrica y potencial de hidrogeno, los datos fueron almacenados en la memoria de la computadora cada 15 minutos desde el día 1 hasta el día 60 que se realizó el corte del cultivo.

Distribución de la luz: se realizó un mapeo de la distribución de la luz, para realizar el mapa se hizo la medición de la luminosidad utilizando un luxómetro portátil de la marca UNI-T el cual nos arrojó los resultados en luxes, las mediciones se hicieron en cada orificio donde se establecieron las plantas, posteriormente se empleó el programa Surfer versión 20.1 para la creación del mapa de la distribución.

Absorción de macronutrientes y micronutrientes: se determinó realizando un análisis de tejido foliar en el laboratorio. Para realizar el análisis se utilizaron 200 gramos de hojas frescas de cada tratamiento, se seleccionaron aleatoriamente las hojas de edad promedio. La metodología empleada para determinar la absorción nutrimental fue la de Dumas para Nitrógeno (N), Nitración con ácido salicílico con espectrofotometría para determinar Nitratos (N-NO<sub>3</sub>) y digestión multielemental en microondas preparado en base al método AOAC 2006.03 para P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe y Mn.

Variables morfológicas: se midieron las variables morfológicas de la planta el día que se realizó la cosecha, las variables medidas fueron peso fresco de la parte foliar y la raíz empleando una báscula granataria digital, número de hojas, altura de la planta, diámetro del tallo, longitud del tallo y longitud de raíz. Las muestras de cada planta fueron secadas en estufa a 110 °C durante 72 horas, posteriormente fueron pesadas para determinar peso seco de la parte aérea y de raíz.

Análisis estadístico: para realizar el análisis estadístico se empleó el programa estadístico SAS (Statistical Analysis Software), para realizar análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por el método de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

## **Resultados y Discusión**

### **Funcionamiento del módulo**

Los resultados obtenidos de las pruebas que se le hicieron al prototipo fueron las esperadas para llevar a cabo nuestra investigación, durante dichas pruebas se evaluó el correcto funcionamiento de las lámparas led de acuerdo con el fotoperiodo deseado, Además se realizaron ensayos para conocer la eficiencia del sistema de riego en cada tratamiento.

### **Distribución de la luz**

La distribución de la luz obtenida en nuestro sistema (Figura 1) para los tres tratamientos se mantuvo entre un rango de 12200 y 5000 luxes, el mayor valor se presentó en las zonas donde se colocaron los focos led y el menor valor en las orillas del módulo, Alpi y Tognoni (1999) indican que el rango de luminosidad para la producción del cultivo de lechuga debe comprender entre 10000 a 30000 luxes bajo condiciones de invernadero. Los resultados obtenidos en nuestra investigación concuerdan con los obtenidos por Bantis et al., (2016) quien realizó una investigación aplicando luminosidades de entre 5000 y 10000 luxes, teniendo como resultado que el cultivo de lechuga se adapta mejor a luminosidades de 8000 luxes bajo sistemas de producción con luz artificial.

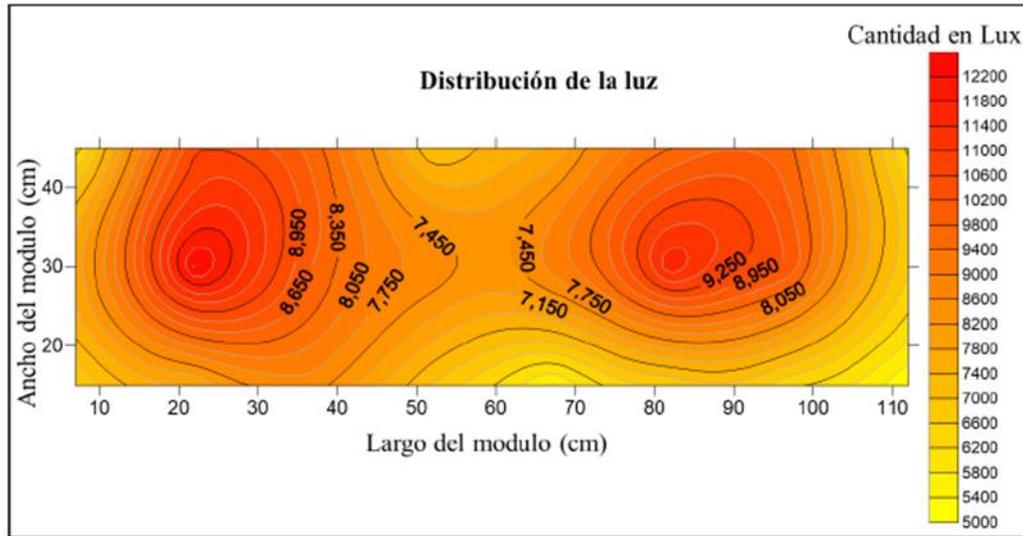


Figura 1. Distribución de la luz en los diferentes tratamientos del prototipo de producción.

### Absorción nutrimental

Los tratamientos mostraron diferencias en la absorción total de nutrientes (Figura 2 y Figura 3) destacando el tratamiento 1 con los valores más altos de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn en comparación a los observados en el tratamiento 2 y 3, esto debido a un mayor crecimiento en la parte aérea del cultivo (Johkan et al., 2012).

Nuestros resultados del análisis foliar están dentro del rango reportado por Rodríguez y Rodríguez (2015) quienes indican que la concentración nutrimental óptima en hojas para el cultivo de lechuga es de 4.7 a 5.5 % para N, 0.5 a 1.0 % para P, 7.5 a 9.0 % para K, 1.0 a 3.0 % para Ca, 0.2 a 0.8 % para Mg, 100 a 180 ppm para Fe, 40 a 80 ppm para Zn, 155 a 250 ppm para Mn, 5 a 25 ppm para Cu y 40 a 100 ppm para B (Rodríguez y Rodríguez, 2015), siendo el t3 el que no cumple los requerimientos para K y Fe.

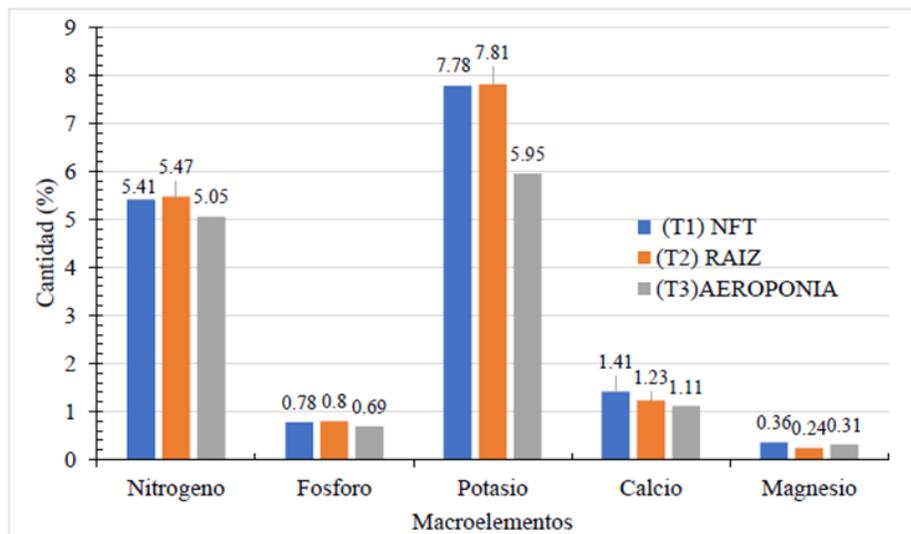


Figura 2. Absorción total de macronutrientes del cultivo de lechuga a 60 días después del trasplante.

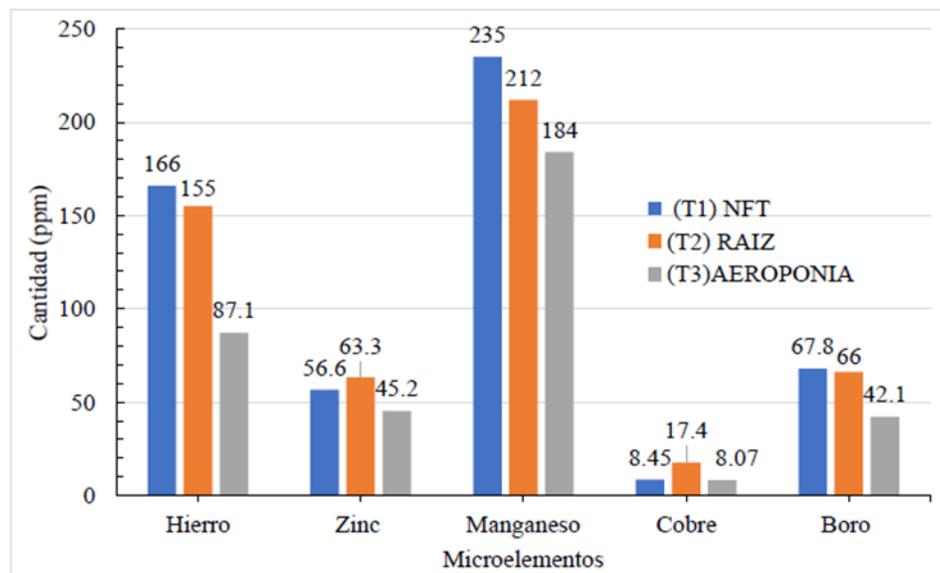


Figura 3. Absorción total de micronutrientes del cultivo de lechuga a 60 días después del trasplante.

### Análisis de varianza de las principales características morfológicas en lechuga

En el análisis realizado de las características morfológicas, la biomasa y el rendimiento del cultivo, se obtuvieron diferencias significativas entre genotipos en todas las variables estudiadas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cuadro medio del análisis de varianza para las variables de fenología, biomasa y el rendimiento en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo condiciones de laboratorio

Variables	Fuentes de variación		CV (%)
	Genotipo	Error	
PFP (g)	32542.5 ††	1584.2	23.59
PFR (g)	304.64 ††	42.68	36.27
PFT (g)	37074.9 ††	1679.98	22.04
PSP (g)	114.27 ††	5.19	22.05
PSR (g)	12.18 ††	1.71	36.54
PST (g)	179.8 ††	8.42	20.84
NH	406.29 ††	12.25	16.6
AP (cm)	73.43 ††	5.34	9.27
DT (cm)	0.57 ††	0.05	19.35
LT (cm)	2.86 ††	0.34	2541
IR (cm)	1244.68 ††	65.86	18.81

†, ††: No significativo y significativo a una  $P \leq 0.05$  y  $0.01$ , respectivamente. CV: Coeficiente variación. PFP: Peso fresco de la planta; PFR: Peso fresco de la raíz; PFT: Peso fresco total; PSP: Peso seco de planta; PSR: Peso seco de la raíz; PST: Peso seco total; NH: Numero de hojas; AP: Altura de la planta; DT: Diámetro del tallo; LT: Longitud del tallo; LR: Longitud de raíz.

Lo que indica que, en cada carácter estudiado, al menos un genotipo mostró una respuesta significativa diferente a los demás, esto se puede atribuir a que en cada genotipo existe un comportamiento diferencial del cultivo (Howard, 1997).

### **Rendimiento y biomasa del cultivo de lechuga**

El comportamiento del rendimiento fue diferencial entre tratamientos (Cuadro 3), El peso fresco total (PFT) se obtuvo sumando el peso fresco de la planta (PFP) más el peso fresco de raíz (PFR), donde se pudo observar que para la variable de peso fresco total fue mayor en el T1 con un promedio de 208.73 g por planta, tratamiento que es estadísticamente igual al T2 con un promedio de 200.73 g por planta de acuerdo a la prueba de Tukey  $P \leq 0.05$ , estos valores concuerdan con Mota et al., (2003) quien menciona que a los 60 días después del trasplante el peso fresco comercial de la lechuga es de 180 – 460 gramos. En base al tratamiento 3, Neumann (1997) indica que la tasa del rendimiento se ve afectada por el suministro subóptimo de nutrientes y podría afectar la tasa de crecimiento de las hojas por la inhibición de la tasa de producción y expansión de nuevas hojas.

**Cuadro 3.** Comparación de medias para las variables de rendimiento y biomasa en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo condiciones de laboratorio.

Tratamiento	PFP	PFR	PFT	PSP	PSR	PST
<b>NFT</b>	208.73 a <sup>†</sup>	16.18 b	224.91 a	12.49 a	3.22 b	15.73 a
<b>Raíz flotante</b>	200.73 a	24.86 a	225.59 a	12.53 a	4.93 a	17.5 a
<b>Aeroponía</b>	94.48 b	12.92 b	107.4 b	5.96 b	2.57 b	8.55 b
<b>DMSH</b>	50.162	8.22	51.65	2.87	1.65	3.65

<sup>†</sup> valores con la misma letra dentro de las columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . NFT: Nutrient Film Technique; DMSH: diferencia mínima significativa honesta. PFP: Peso fresco de la planta; PFR: Peso fresco de la raíz; PFT: Peso fresco total; PSP: Peso seco de planta; PSR: Peso seco de la raíz; PST: Peso seco total.

La biomasa al igual que el rendimiento tuvo un comportamiento diferencial entre los diferentes genotipos, los tratamientos 1 y 2 no tuvieron diferencias significativas según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), estos resultados muestran la habilidad que tuvo el cultivo para acumular biomasa en los distintos tratamientos, como mencionan Rajwade et al., (2017) que esto puede ser atribuido al grado de adaptabilidad que muestran los cultivos en las diferentes condiciones de cada sistema de producción.

El tratamiento 3 fue el que genero menos biomasa al final del periodo de evaluación, Manrique y Bartholomew (1991), mencionan que la acumulación de biomasa depende de la cinética de crecimiento y de la tasa de distribución, que están gobernadas por el área foliar y asimilación de nutrimentos.

### **Variables morfológicas**

El número de hojas dentro de los tres tratamientos fue diferente (Cuadro 4), el tratamiento 2 con mayor contenido de hojas, seguido por el tratamiento 1. Estos valores concuerdan con Repke et al., (2009) quien menciona que el número de hojas promedio para el cultivo de lechuga tipo italiana van de 20 hasta 31 hojas por planta. En la altura de la planta y el diámetro del tallo para los tratamientos 1 y 2 no se observaron diferencias significativas

de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), estos valores fueron superiores a los obtenidos por Cazorla (2010) datos de altura de planta y diámetro del tallo de 24.54 y 1.2 respectivamente bajo este sistema de producción.

**Cuadro 4.** Comparación de medias para las variables morfológicas en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo condiciones de laboratorio.

Tratamiento	NH	AP	DT	LT	LR
<b>NFT</b>	21.25 b	27.25 a <sup>†</sup>	1.47 a	2.22 ab	31.25 c
<b>Raíz Flotante</b>	29.12 a	27.01 a	1.35 a	2.95 b	42.05 b
<b>Aeroponía</b>	13.87 c	21.88 b	0.96 b	2.95 a	56.12 a
<b>DMSH</b>	4.41	2.96	8.22	0.74	10.22

<sup>†</sup>valores con la misma letra dentro de las columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . NFT: Nutrient Film Technique; DMSH: diferencia mínima significativa honesta. NH: Numero de hojas; AP: Altura de la planta; DT: Diámetro del tallo; LT: Longitud del tallo; LR: Longitud de raíz.

El comportamiento de la longitud del tallo de los tres tratamientos fue similar a lo reportado por Kander (2002) quien obtuvo valores de 2 – 3.5 cm en un modelo de producción con luz artificial, estos resultados se atribuyen a que el contenedor en los tres tratamientos fue del mismo tamaño. En el crecimiento de la raíz existió diferencias significativas en los tres tratamientos donde se ve un mayor desarrollo en el tratamiento 3 superando a los otros tratamientos, Montero y Cerdas (2004) señalan que en los sistemas de producción aeropónicos la longitud de la raíz es mayor que en los métodos usados en los tratamientos 1 y 2, esto a que existe mayor espacio en la cabina donde nebuliza la solución nutritiva. En esta investigación las variables morfológicas NH, AP y LT del T3 su comportamiento fue diferencial a los demás tratamientos, esto puede ser atribuido a lo mencionado por Brenes (2010) donde señala que la edad para realizar el trasplante de la lechuga a sistemas de producción es a los 20 días después de ser germinada mientras que en esta investigación se realizó a los 6 días.

## Conclusiones

El sistema de producción desarrollado, de acuerdo con lo establecido y en base a los resultados logrados podemos afirmar que se puede producir cultivos con estándares de calidad superando los rendimientos tradicionales en hidroponía.

Dentro de los sistemas evaluados en el sistema NFT (Nutrient Film Technique), fue en el que mejor se adaptó el cultivo de lechuga, logrando resultados a 60 días después del trasplante, con rendimientos de 5.2 Kg \* m<sup>2</sup>.

El sistema posee ventajas desde un punto de vista ambiental ya que aprovecha de mejor manera el recurso hídrico, elimina el uso de plaguicidas, reduce la cantidad de fertilizante y no degrada el suelo.

## Referencias Bibliográficas

- Alpi A. y Tognoni F. 1999. Cultivos en invernadero. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 347 p.
- Bantis, F., T. Ouzounis R. and K. Radoglou. 2016. Artificial LED lighting enhances growth characteristics and total phenolic content of *Ocimum basilicum*, but variably affects transplant success. *Scientia Horticulturae*. 198 (3): 277-283.
- Brenes, L. 2010. Análisis Multicriterio de sistemas de producción de lechuga. Costa Rica: Curso Tópicos Avanzados de Gerencia y Gestión Ambiental. Maestría en Gerencia y Gestión Ambiental. Centro Interamericano de Posgrados. 367p.
- Cazorla, A. 2010. Estudio bioagronómico de catorce cultivares de lechuga tipo mantecosa (*Lactuca sativa* L.) en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Tesis Ingeniero Agrónomo. Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba, Ecuador. 90 p.
- Despommier, D. (1999). Granjas verticales, construyendo un modelo agrícola de interior viable para las ciudades . *Openedition.org*. Recuperado el 18 de abril de 2023 de <https://journals.openedition.org/factsreports/pdf/5737>
- Howard, M. 1997, Cultivos Hidropónicos, Nuevas técnicas de Producción. Departamento de Ciencia de las Plantas. Universidad de la Columbia Británica, Vancouver, 2001, Editorial Mundi Prensa.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010. Compendio de información geográfica municipal 2010. *Org.mx*. Recuperado el 18 de abril de 2023, de [https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/21/21174.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21174.pdf)
- Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hahida, S. N., and Yoshihara, T. 2012. Effect of green light wavelength and intensity on photomorphogenesis and photosynthesis in *Lactuca sativa*. *Environmental and Experimental Botany*, 75: 128-133.
- Kander, A.A., 2002. Quality parameters of fresh-cut fruit and vegetable products. En: Lamikanra O. (ed), *Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Science. Technology and Market* CRC press. Florida. pp 12 -19.
- Manrique, L. A., Bartholomew, D. P. 1991. Growth and yield performance of potato grown at three elevations in Hawaii: II. Dry matter production and efficiency of partitioning. *Crop Sci*. 31.
- Montero, M. y Cerdas, M. 2004. Guías técnicas del manejo poscosecha de apio y lechuga para el mercado fresco. San José, Costa Rica. MAG. 72p.
- Mota, J.; Yuri, J.; de Freitas, S.; Rodriguez, J.; de Resende, G. y de Souza. R. 2003. Avaliação de cultivares de alface Americana durante o verão em Santanada Vargem, MG. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 21: 234-237.
- Neumann, P. 1997. Salinity resistance and plant growth revisited. *Plant Cell Environ*. 20: 1193-1198.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. ( 2013) El estado de los recursos . *www.fao.org*. Recuperado el 18 de abril de 2023, de <https://www.fao.org/3/i1688s/i1688s.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2016. Desarrollo de cadenas de valor sensibles al género. Marco de referencia. Roma. Disponible en: [www.fao.org/3/a-i6462e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i6462e.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas. 2018. Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo. Nueva York, 2018. [edición electrónica].
- Repke, A.; Velozo, M.; Domingues, M. y Rodrigues J. 2009. Efeitos da aplicação de reguladores vegetais na cultura da alface (*Lactuca sativa*) crespa var. Verônica e americana var. Lucy Brow.
- Rodríguez, H. y Rodríguez Absi, J. 2015. Métodos de análisis de suelos y plantas: criterios de interpretación. México: Trillas S.A. de C.V.
- Steiner, A., 1968. Soilless culture. En Proc. 6th Colloq. Int. Potash Inst. Florence, Italy. pp. 324-341.
- Yeh, N., J. Chung P., 2009. High-brightness LEDs –energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation. *Renew Sust Energ Rev.* 13:2175–2180.