

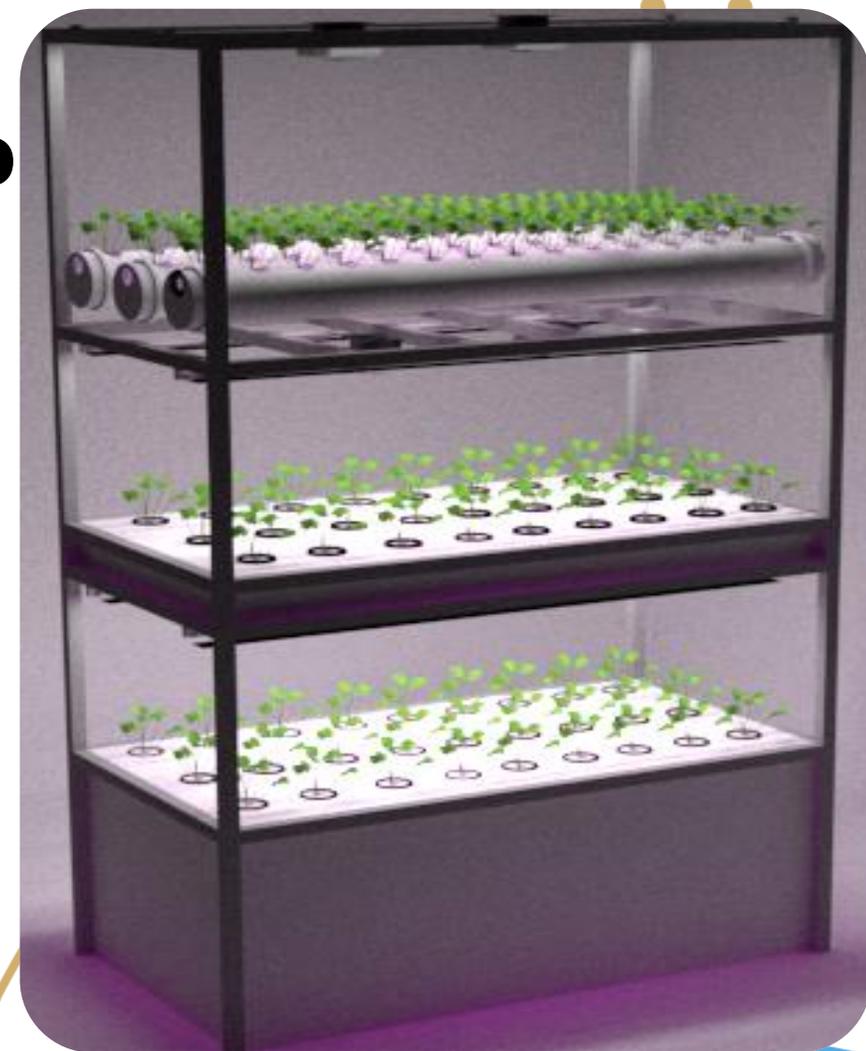


**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



# SISTEMA DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADO PARA ZONAS URBANAS

Guillermo J. Perez Marroquin



Fecha de presentación: 05 de octubre 2023



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



# INTRODUCCION

Crecimiento poblacional



Cambio climático



9 200 mil millones en el mundo  
132 Millones de habitantes en México

55 %



# MÉTODOS DE PRODUCCIÓN EFICIENTE EN EL USO DE LOS RECURSOS NATURALES

## Producción de cultivos sin suelo

*En una solución nutritiva, o sobre cualquier sustrato con adición de solución nutritiva*

Permite un mayor ahorro en los recursos hídricos



“Reducir la pérdida de alimentos a lo largo de la producción y las cadenas de suministro, incluidas las pérdidas post cosecha”

**OBJETIVOS DE LA NUEVAS TECNOLOGÍAS**

Satisfacer la demanda de alimentos actual y en un futuro

Producir sus propios alimentos.

Modelos de producción automatizados



La hidroponía

## AGRICULTURA URBANA

Es una técnica creada para ciudades; es una forma alternativa de producción y distribución de alimentos que aprovecha los recursos locales disponibles para generar productos de autoconsumo.



FAO (2018) casi 821 millones de personas padecieron hambre.  
FAO (2010) ya no hay más tierra cultivable disponible  
Cada año se pierden por diferentes causas de 5 a 7 millones de hectáreas.

## INVESTIGACIONES PROTOTIPOS AUTOMATIZADOS DE ZONAS URBANAS

- Harper (2015). El instituto de tecnología de Massachusetts desarrolló la iniciativa de agricultura de interior en la cual crean pequeños espacios para producir alimentos en ciudades.
- Rosenberg (2005). En 2004 la compañía AeroFarms inició la construcción y operación de granjas de producción de alimentos en zonas urbanas.
- Alabi (2007). La empresa Block farms crea espacios de producción utilizando contenedores especializados, capaces de implementarse en prácticamente cualquier lugar.

## SISTEMAS DE PRODUCCIÓN SIN SUELO

Cultivos hidropónicos (Cultivo en agua más nutrientes o sobre materiales inertes) y cultivos en sustrato (cultivo sobre materiales químicamente activos, con capacidad de intercambio catiónico) (Abad *et al.*, 2005).

### Sistema NFT



(Nutrient Film Technique)

### Sistema de raíz flotante



### Sistema aeropónico





## El objetivo

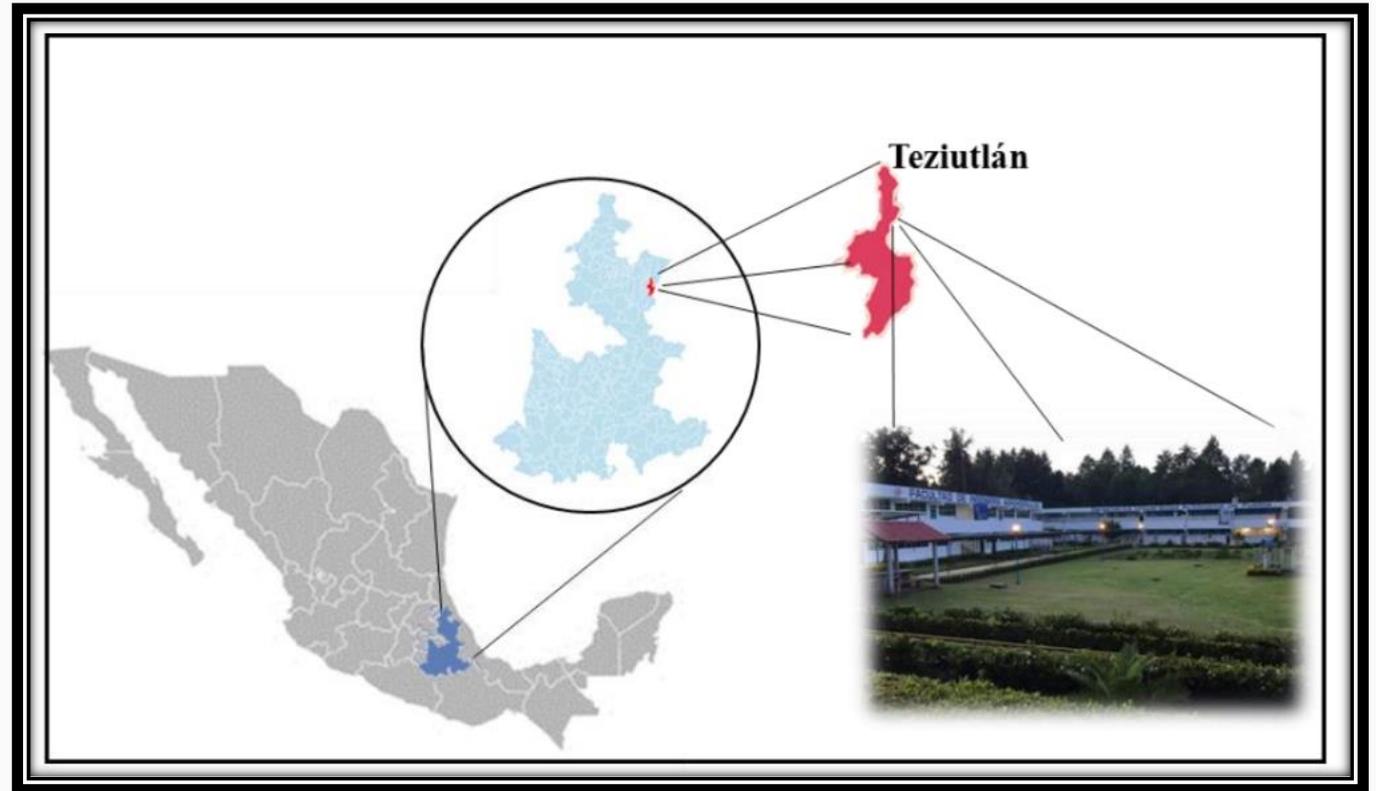
Producir cultivos para zonas urbanas

Tres sistemas de producción (Técnica de la película del nutriente, Raíz flotante y Aeropónico)

Material vegetativo el cultivo de Lechuga tipo italiana

## Ubicación espacial

A los  $19^{\circ}52'32''$  latitud norte y  
 $97^{\circ}21'36''$  longitud Oeste, a una  
altitud de 1675 msnm



## ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

### Primera etapa

1. Luz recibida por la planta
2. Control de humedad
3. Temperatura ambiental
4. CE
5. pH
6. Nutrientes y temperatura del agua.

### Segunda etapa

1. Material Biológico, manejo y cuidado del mismo (Paquete tecnológico de la lechuga)

### Tercera etapa

1. Análisis estadístico

## **Primera etapa**

Desarrollo del sistema automatizado  
Obtención, Control y procesamiento de los datos  
Sensores utilizados  
Sensor de temperatura y humedad relativa  
Sensor de temperatura  
Sensor ultrasónico  
Sensor de potencial de hidrogeno  
Sensor de conductividad eléctrica  
Sistema de iluminación  
Diseño y Construcción del módulo de producción

## **Segunda etapa**

Material biológico  
Solución nutritiva

## **Tercera etapa**

Diseño experimental  
Variables evaluadas  
Análisis estadístico

## Primera etapa

### Diseño y Construcción del módulo de producción

software SketchUp versión 2020 de Trimble

La solución nutritiva en este tratamiento es inyectada por medio de una electroválvula que la distribuye por medio de conectores.

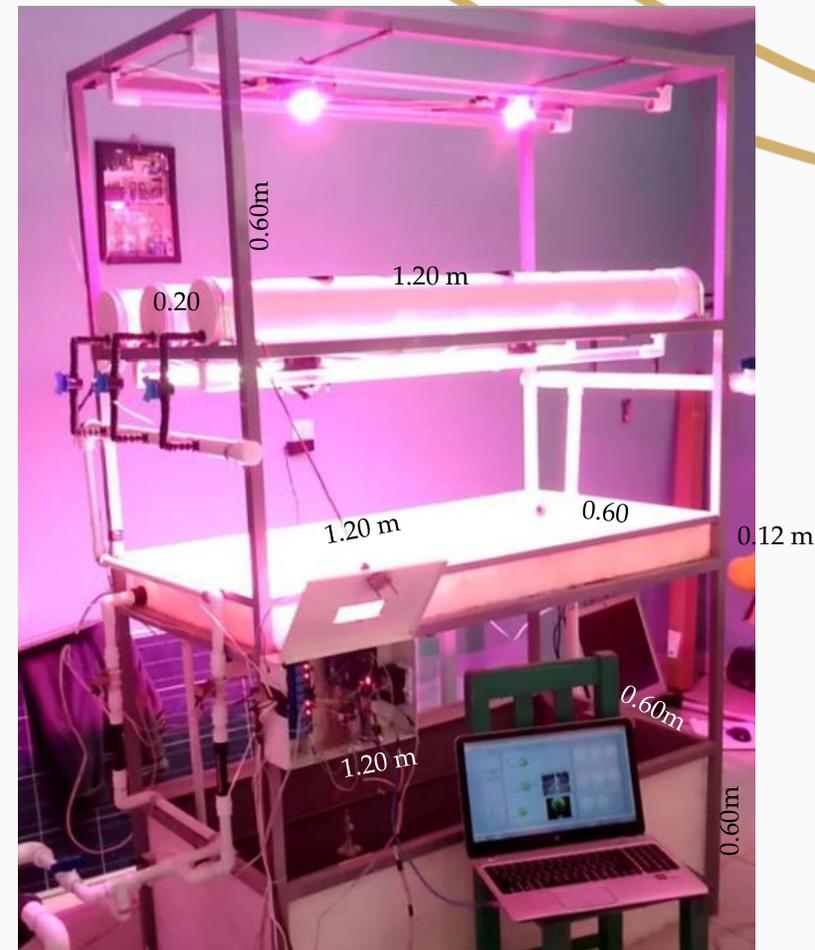
la solución nutritiva en este tratamiento es inyectada por medio de una electroválvula colocada en el costado derecho y recircula hacia el costado izquierdo donde regresa a través de una brida de 1/2 pulgada al tanque de almacenamiento

Placa de unisel 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

Sistema aeropónico

NFT

Raíz flotante



## Segunda etapa

### Material biológico



Variedad Parris Island  
 bloques de 2.5 \* 2.5 cm  
 niveles altos de humedad  
 luminosidad de entre 1200 luxes

## Solución nutritiva

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

Steiner (2011)



## Los parámetros a medir

- Conductividad eléctrica: de 1.5 a 2.5  $\mu\text{S cm}^{-1}$
- Solidos 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 la temperatura ambiental ( $^{\circ}$  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 utilizó 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.



## *Variables de absorción de macronutrientes y micronutrientes*

Se enviaron 200 gramos de hojas frescas de cada tratamiento, se seleccionaron aleatoriamente las hojas de edad media al laboratorio

Dumas para Nitrógeno (N), Nitración con ácido salicílico con espectrofotometría para determinar Nitratos ( $\text{N-NO}_3$ ) y digestión multielemental en microondas preparado de acuerdo al método AOAC 2006.03 para P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe y Mn.

---

## *Variables morfológicas*

Las muestras de cada planta fueron secadas en estufa a  $110\text{ }^\circ\text{C}$  durante 72 horas, posteriormente fueron pesadas para determinar peso seco de la parte aérea y de raíz.

Peso fresco de la parte foliar y la raíz, número de hojas, altura de la planta, diámetro del tallo, longitud del tallo y longitud de raíz.

## *Análisis estadístico*



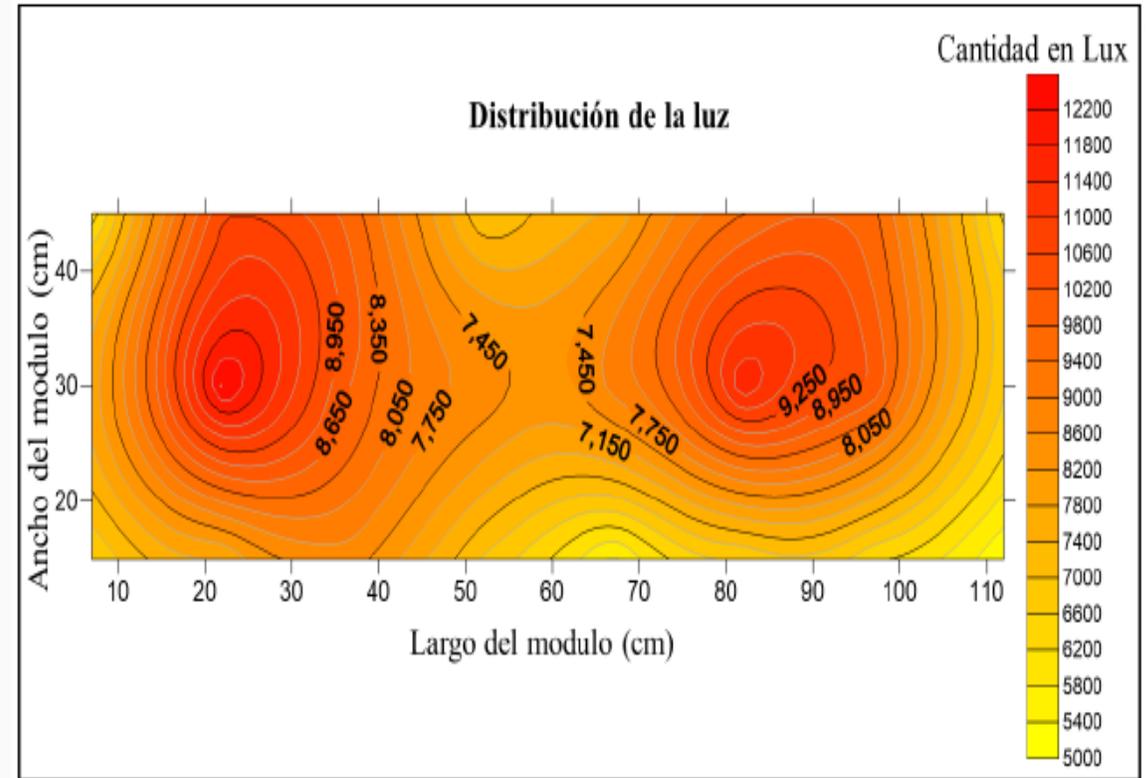
Es empleó el programa estadístico SAS (Statistical Analysis Software), para realizar análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por el método de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

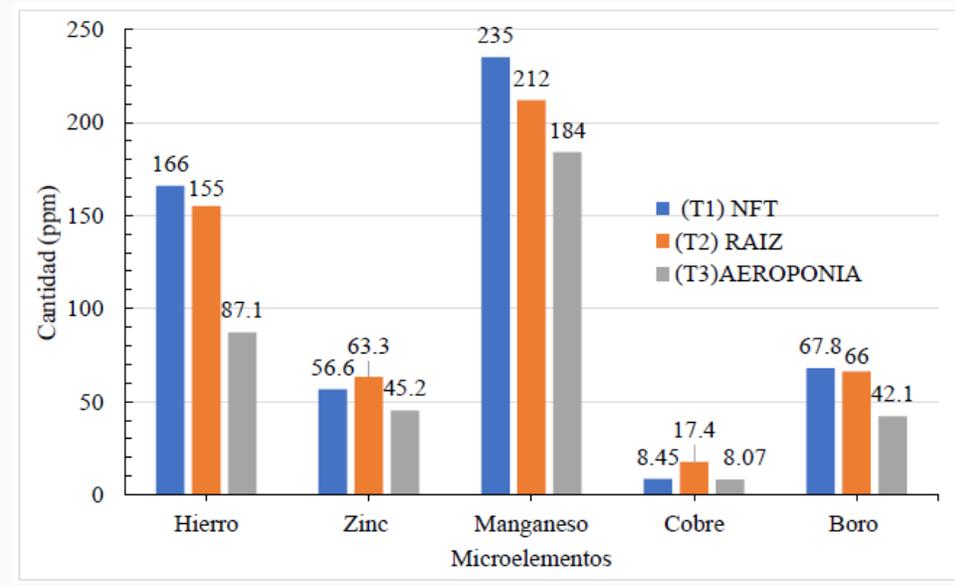
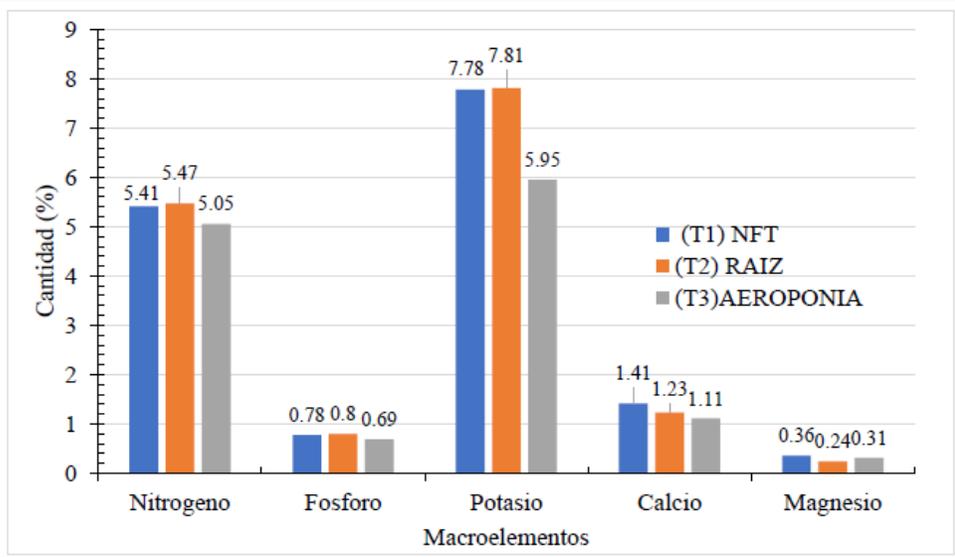
### Distribución de la luz

Alpi y Tognoni (1999) recomiendan la luminosidad para la producción del cultivo de lechuga debe comprender entre 10000 a 30000 luxes bajo condiciones de invernadero.

Bantis *et al.*, (2016), en pruebas de 5000 y 10000 luxes, obtuvo mejores resultado en lechuga con 8000 luxes bajo sistemas de producción con luz artificial.



## Absorción nutrimental



Tratamiento 1 con los valores más altos, mayor crecimiento en la parte aérea.

Rodríguez y Rodríguez (2015)

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

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

Diferencias significativas entre genotipos en todas las variables estudiadas, al menos un genotipo mostró una respuesta significativa diferente a los demás, esto se le atribuye a que en cada genotipo existe un comportamiento diferencial del cultivo

†, ††: 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.

## Rendimiento y biomasa del cultivo de lechuga

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

La biomasa al igual que el rendimiento tuvo un comportamiento diferencial entre los diferentes genotipos.

† 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.

Rajwade *et al.*, (2017), la habilidad del cultivo para acumular biomasa en los distintos tratamientos.

Manrique y Bartholomew (1991) 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

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

Repke *et al.*, (2009), número de hojas promedio, van de 20 hasta 31 hojas por planta

Cazorla (2010) obtuvo resultados menores de altura de planta y diámetro del tallo de 24.54 y 1.2 respectivamente.



**Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a 60 días después del trasplante**



**Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*) a 60 días después del trasplante producida bajo el prototipo a una intensidad de luz de 5000 a 12200lux.**

## CONCLUSIÓN

1. Los resultados afirman que se puede producir cultivos con estándares de calidad superando los rendimientos tradicionales en hidroponía.
2. 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>.
3. Se aprovecha de mejor manera el recurso hídrico
4. Elimina el uso de plaguicidas
5. Reduce la cantidad de fertilizante y no degrada el suelo.



**VIII** Congreso Nacional y  
**I** Congreso Internacional  
de Riego, Drenaje y Biosistemas  
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila  
4 al 6 octubre 2023



# GRACIAS!

DATOS DE CONTACTO

Cel: 2225985019

Email: [guillermo.perez@colpos.mx](mailto:guillermo.perez@colpos.mx)

Fecha de presentación: 04 de octubre 2023



**AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

