

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**



Evaluación de tres variedades de lechuga con tres soluciones nutritivas en un sistema  
NFT

Por:

**Roberto Favela Gaytán**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Torreón, Coahuila, México  
Junio 2026

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**UNIDAD LAGUNA**  
**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**  
**DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**

Evaluación de tres variedades de lechuga con tres soluciones nutritivas en un sistema  
NFT

Por:

**Roberto Favela Gaytán**

TESIS

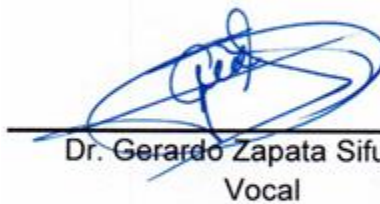
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial  
para obtener el título de:

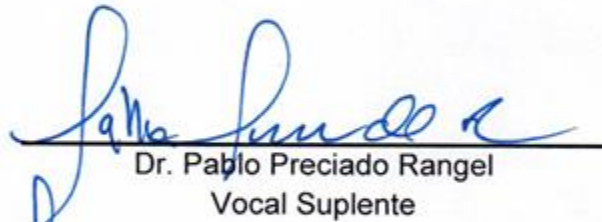
**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por:

  
Dr. José Rafael Paredes Jácome  
Presidente

  
Dr. Alejandro Moreno Reséndez  
Vocal

  
Dr. Gerardo Zapata Sifuentes  
Vocal

  
Dr. Pablo Preciado Rangel  
Vocal Suplente

  
M.C. Rafael Ávila Cisneros  
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México  
Junio 2026



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA**

Evaluación de tres variedades de lechuga con tres soluciones nutritivas en un sistema  
NFT

Por:

**Roberto Favela Gaytán**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

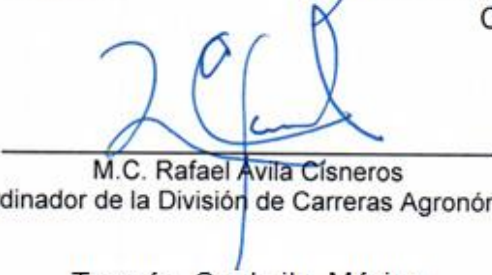
Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. José Rafael Paredes Jácome  
Asesor Principal

  
Dr. Alejandro Moreno Reséndez  
Coasesor

  
Dr. Gerardo Zapata Sifuentes  
Coasesor

  
Dr. Pablo Preciado Rangel  
Coasesor

  
M.C. Rafael Avila Cisneros  
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México  
Junio 2026



## **DEDICATORIAS**

Dedico esta tesis a mis padres el Sr. Esteban Favela Chávez y a la Sra. Concepción Gaytán Alemán, por su apoyo incondicional, por su arduo trabajo en la formación de un hijo con valores, por dedicarme tanto tiempo y tanto cariño ya que gracias a eso he terminado mi formación profesional.

Dedico esta tesis a todas las personas que ya no están presentes en este plano terrenal, pero que yo sé que han contribuido a que pueda crecer personalmente y en tiempos de soledad y de reflexión siempre han estado presentes en mis pensamientos.

Dedico esta tesis a toda mi familia, ellos han ayudado con consejos, con palabras de aliento me han impulsado a nunca dejar este camino del estudio.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por brindarme una formación académica de alta calidad, que hoy, me da la facilidad de desarrollarme de manera eficiente como profesionista.

Al Dr. José Rafael Paredes Jácome, por su apoyo, atención y conocimientos brindados a lo largo de este trabajo de investigación.

A todos mis profesores, quienes, con su compromiso, cariño por la docencia y entrega en cada clase impartida han logrado repercutir de manera positiva en mí. Todo esto me ha ayudado a formarme como profesionista y desempeñarme de una buena en el sector Agropecuario.

## ÍNDICE

|                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------|-----|
| DEDICATORIAS.....                                                    | i   |
| AGRADECIMIENTOS .....                                                | ii  |
| INDICE DE TABLAS .....                                               | v   |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                              | vi  |
| RESUMEN .....                                                        | vii |
| INTRODUCCIÓN.....                                                    | 1   |
| OBJETIVOS.....                                                       | 3   |
| OBJETIVO GENERAL .....                                               | 3   |
| OBJETIVOS ESPECIFICOS .....                                          | 3   |
| HIPÓTESIS .....                                                      | 3   |
| REVISIÓN DE LITERATURA .....                                         | 4   |
| 2.1 Origen e historia del cultivo lechuga .....                      | 4   |
| 2.2 Importancia del cultivo de la lechuga .....                      | 4   |
| 2.2.1 Producción mundial .....                                       | 5   |
| 2.2.2 Producción Nacional .....                                      | 5   |
| 2.3 Clasificación taxonómica de la lechuga .....                     | 6   |
| 2.4 Características botánicas del cultivo de lechuga .....           | 7   |
| 2.5 Calidad nutraceutica del cultivo de la lechuga .....             | 8   |
| 2.6 Sistema de producción hidropónica del cultivo lechuga .....      | 8   |
| 2.7 Principales plagas y enfermedades en el cultivo de lechuga ..... | 9   |
| 2.8 Solución nutritiva.....                                          | 9   |
| 2.8.1 Soluciones ideales para el cultivo de lechuga .....            | 9   |
| 2.8.2 Concentración nitrato:amonio en la solución nutritiva .....    | 9   |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS.....                                         | 11  |
| 3.1 Ubicación del experimento .....                                  | 11  |

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 3.2 Material vegetal y germinación ..... | 11 |
| 3.3 Sistema NFT .....                    | 11 |
| 3.4 Manejo del cultivo .....             | 12 |
| 3.5 Diseño experimental .....            | 12 |
| 3.6 Variables evaluadas .....            | 13 |
| 3.6.1 Variables agronómicas .....        | 13 |
| 3.6.2 Variables de calidad .....         | 14 |
| 3.7 Análisis estadístico .....           | 14 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....          | 15 |
| 4.1 Número de hojas .....                | 15 |
| 4.2 Peso fresco .....                    | 15 |
| 4.3 Diámetro de tallo .....              | 16 |
| 4.4 Largo de raíz .....                  | 17 |
| 4.5 Largo de hojas .....                 | 18 |
| 4.6 Materia seca .....                   | 18 |
| 4.7 Vitamina C .....                     | 19 |
| 5. CONCLUSIONES .....                    | 20 |
| 6. REVISION BIBLIOGRAFICA .....          | 21 |

## INDICE DE TABLAS

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1</b> Taxonomía del cultivo de lechuga .....                                         | 6  |
| <b>Tabla 2</b> Descripción de características morfológicas de la lechuga .....                | 7  |
| <b>Tabla 3</b> Productos fitosanitarios aplicados para control de plagas y enfermedades ..... | 12 |
| <b>Tabla 4</b> Descripción de los tratamientos .....                                          | 13 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> Número de hojas de las variedades de lechuga evaluadas.....                       | 15 |
| <b>Figura 2</b> Peso fresco (g) de las variedades de lechuga evaluada. ....                       | 16 |
| <b>Figura 3</b> Diámetro de tallo (mm) de las variedades de lechuga evaluadas. ....               | 17 |
| <b>Figura 4</b> Largo de raíz (cm) de las variedades de lechuga evaluadas.....                    | 17 |
| <b>Figura 5</b> Largo de hoja (cm) de las variedades de lechuga evaluada.....                     | 18 |
| <b>Figura 6</b> Materia Seca (g) de las variedades de lechuga evaluadas. ....                     | 19 |
| <b>Figura 7</b> Contenido de vitamina C (mg/100g) de las variedades de lechuga evaluadas<br>..... | 19 |

## RESUMEN

Existe una estrecha relación de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) siendo las principales formas asimilables para la planta, destacando la nítrica, la forma preferida para su aprovechamiento en las plantas. En nuestro sistema se usaron tres variedades de Lechuga, Romana Verde, Romana Roja e Italiana verde, distribuidas proporcionalmente en 3 camas con capacidad de 200 plantas, dando un total de 600 plantas en este experimento; aunado a esto para cada cama se realizó una solución Steiner en diferentes concentraciones de nitratos, sulfatos y ácidos, teniendo en total 3 tratamientos diferentes de solución nutritiva. Las variables evaluadas dentro del experimento fueron, características fenológicas de la planta, rendimiento y efectividad de cada variedad en cada solución nutritiva; número de hojas, largo de planta con raíz, peso seco, peso fresco, vitamina C, clorofila, diámetro de tallo; todas las características fueron debidamente registradas en la bitácora de campo. Para el diseño experimental se usó bloques al azar con un arreglo factorial a x b, el factor a se refiere a las variedades de lechuga y el factor b a las soluciones nutritivas empleadas. Los resultados más sobresalientes son en la variedad italiana verde, obteniendo un mayor número de hojas, peso fresco y contenido de vitamina C. Con todo esto se llega a la conclusión en cuanto a la relación de  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ , siendo mejor el rendimiento en cuanto a la solución de Nitrato, esto refleja que es más asimilable para la planta de lechuga, que lo descompone y lo aprovecha mejor, todo esto se ve reflejado en las variables agronómicas registradas.

**Palabras clave:** Nitrato, Amonio, NFT, Steiner, Solución

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*) es un producto hortícola que ha tomado bastante relevancia, se habla de un cultivo anual rico en muchas vitaminas (A, B y K) y también es una buena fuente de minerales (Potasio, Sodio, Calcio etc...), además según la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) ha informado que se ha aumentado hasta un 118% de producción de esta hortaliza en las últimas 2 décadas (Heydari et al., 2025).

El Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) reportó datos que en 2019 se produjo un total de 516 mil toneladas y en 2020 sumó un total de 539 mil toneladas en producción de lechuga dentro de nuestro país. En cuanto a las exportaciones en 2020 sumaron un total de 261 mil toneladas en el cual el primer destino fue Estados Unidos de América. En cuanto a producción mundial se estima que se obtiene un total de 26, 866,557 toneladas por año, con un rendimiento de 21,89 t/ha (FAO, 2019) (Gob. de MEXICO 2021).

La lechuga es considerada uno de los vegetales más importantes en el mundo, siendo mayormente sembrada en el hemisferio norte. Su diversidad genética y su trabajo de domesticación en todo el mundo la ha llevado a tener un peso importante dentro del cultivo de vegetales de alto impacto económico. En Estados Unidos es considerado el segundo cultivo con más demanda dentro del país destacando por el alto contenido de vitamina A, vitamina K, ácido ascórbico. Además de ser una buena fuente de minerales como el calcio, fósforo, hierro y cobre (Saleem et al., 2020).

Dos de las problemáticas que tienen mayor impacto y se encuentran en muchos cultivos actualmente son los costos de fertilizantes y la escasez de agua; en cuanto a sistemas de producción utilizados en este cultivo se encuentran dos que se ven con mayor frecuencia, uno se le conoce como sistema abierto, que al aplicar la solución nutritiva esta no se reutiliza y se drena en el lugar de la aplicación desaprovechando el recurso

agua y también lixiviándose nutrientes y minerales que son esenciales para nuestro cultivo; y se le llama sistema cerrado aquel que al aplicar la solución nutritiva se reutiliza nuevamente el agua aplicada en nuestro cultivo con su ajuste de pH, CE y nutrimentos (Moreno et al., 2015); Todo esto se traduce a que al utilizar un sistema cerrado se puede eficientar el uso de los nutrientes y ahorrar nuestro recurso agua.

En cuanto a las soluciones nutritivas y requerimientos del cultivo, la lechuga debe tener un equilibrio entre micro y macronutrientes, un manejo adecuado y una relación entre estos nos puede en caminar a desarrollar nuestro cultivo de la mejor manera; Destacando una sinergia entre N, K y Ca ya que una administración no controlada de N/K nos genera mayor concentración de K en nuestra solución nutritiva y esto se traduce a tener deficiencias de Ca. (Kavvadias et al., 2012; Lara-Herrera et al., 2023). En cuanto a requerimientos nutricionales para una producción de 35 t/ha se ocupa un promedio de 30- 50 kg/ha de  $P_2O_5$ , 80-100 kg/ha de N y 160-210 kg/ha de  $K_2O$  sembrando a campo abierto (Pomares y Ramos, 2010).

La palabra hidroponía proviene de dos palabras griegas: hydro (agua) y ponos (estudio o labor) (Peralta et al., 2016). Este tipo de sistemas hidropónicos han tenido un impacto importante, destacando por su ahorro en agua, mejor control de plagas, mejor manejo en cuanto a enfermedades y a generar cultivos de calidad. Una técnica utilizada en este tipo de cultivos es el sistema Nutrient Film Technique (NFT por sus siglas en inglés), originado en Inglaterra, fue creado con el fin de aumentas la producción en un espacio determinado, crear sistemas cerrados para la recirculación de soluciones nutritivas, el ahorro del recurso hídrico y favorecer la absorción de nutrientes por las plantas. (González, 2008).

Los sistemas hidropónicos se han posicionado mundialmente como sistemas que generan mayores rendimientos y mayor control de nuestro cultivo, en este caso, nuestro sistema NFT se ha demostrado a base de estudios que es un sistema que ayuda a nuestro cultivo a generas más biomasa, una buena uniformidad en la lechuga, mayor

crecimiento y un sistema ideal por ser un cultivo de ciclo corto con mucha demanda comercial (Malca Soto, 2013; Suharjo an Suaib, 2022).

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la concentración nitrato:amonio en la producción de tres variedades de lechuga en un sistema hidropónico NFT.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar la concentración de nitrato:amonio que incremente la producción de tres variedades de lechuga en un sistema NFT.
- Evaluar las variables agronómicas y nutraceuticas de tres variedades de lechuga desarrolladas en sistema hidropónico NFT.

## **HIPÓTESIS**

Las concentraciones de nitrato:amonio tienen efectos en alguna (s) de las variables agronómicas y calidad nutraceutica en las variedades de lechugas.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Origen e historia del cultivo lechuga**

En cuanto al origen de la lechuga se habla con respecto a Egipto, cerca del año 2.500 a.C. y también se encontraron algunas representaciones de hojas de lechuga cerca del sudoeste asiático, entre ríos Éufrates y Tigris, lugares conocidos por su buena humedad y buen clima perfecto para la agricultura. (Bilbao et al, 2022).

Por otro lado, en Roma se contaba con una demanda muy alta ya que se consumía cruda o cocida y se aprovechaba sus propiedades medicinales y antiafrodisiacas (Silva et al, 2016); En el siglo XV aparece en Europa, destacando nuevamente por sus propiedades medicinales por arriba de las culinarias. (Harlan, 1992; Silva et al, 2016).

Actualmente la lechuga es un cultivo de mucha importancia debido a que se produce en todo el mundo de diferentes maneras, ya sea en siembra directa o trasplante mecanizado (empleado en Estados Unidos y en España), fertirriego y cosecha mecanizada, pueden ser a siembra directa, trasplante o en suelo al aire libre. También hoy en día y una opción que bastantes países están optando es la siembra sin suelo, a través de sistemas hidropónicos en donde la administración de la nutrición de la planta se hace directamente en el agua que recircula (mesa flotante, NFT, NGS), en estos sistemas vemos reflejado el mejor control de gastos de fertilizantes, ahorro de agua y mejor control del cultivo (Silva et al., 2016).

### **2.2 Importancia del cultivo de la lechuga**

La lechuga es un cultivo con alto impacto en el sector agrícola, destacando como principales países productores China, Estados Unidos de América e India. Entre otros productores esta España, Italia, Japón, Irán, Turquía y México (FAO, 2022).

China representa el 55% de la producción mundial, mientras que EUA maneja el 16% de producción de este mundialmente; La lechuga es cultivada alrededor de todo el mundo, sobre todo en regiones templadas y subtropicales. Se tienen datos que la producción de lechuga ha incrementado un 24% en la última década, pasando de 840 mil ha en el año 2000 a más de un millón de ha en 2005 (Bilbao et al, 2022).

Existen cuatro variedades botánicas dentro de la especie de *L. sativa*, las cuales son: asparagina, longifolia Lam., capitata, crispaa o intybacea, las cuales se destacan formación de tallos suculentos, un número adecuado de hojas y el desarrollo de un excelente vigor en planta que hace que sea un producto comercializable y de calidad (Bilbao at al., 2022).

### **2.2.1 Producción mundial**

Según la FAO en 2022 se obtuvo un total de 26 millones de toneladas de producción de lechuga.

Destacando países como:

- China con una producción de 14.2 millones de toneladas en una superficie de .2 millones de ha cultivadas aproximadamente.
- Estados Unidos con 3.4 millones de toneladas en una superficie de 367 mil ha cultivadas aproximadamente.
- India con un total de 1.6 millones de toneladas en una superficie de 183 mil ha cultivadas aproximadamente.

### **2.2.2 Producción Nacional**

En México los estados productores de lechuga generan un total de 552,940 toneladas en una superficie de 22,847 ha cultivadas (SIAP, 2023), destacando estados como:

- Guanajuato con una producción de 151,245 Toneladas en una superficie de 7,106 ha cultivadas.
- Zacatecas con una producción de 100,410 Toneladas en una superficie de 3,753 ha cultivadas.
- Puebla con una producción de 75,052 Toneladas en una superficie de 3,253 ha cultivadas.

### 2.3 Clasificación taxonómica de la lechuga

El cultivo de la lechuga pertenece a la familia de las Asteráceas (Tabla 1), de acuerdo con lo descrito por (Ocon Gómez, 2023).

**Tabla 1** Taxonomía del cultivo de lechuga

| Reino       | Plantae – Plantas                  |
|-------------|------------------------------------|
| Subreino    | Tracheobionta- Plantas Vasculares  |
| Supervisión | Spennatophyta- Plantas con semilla |
| División    | lagnoliophyta - Plantas con flores |
| Clase       | Magnoliopsida - Dicotiledóneas     |
| Subclase    | Asteridae                          |
| Orden       | Astera/es                          |
| Familia     | Asteraceae                         |
| Genero      | Lactuca L.                         |
| Especie     | Lactuca sativa L.                  |

## 2.4 Características botánicas del cultivo de lechuga

**Tabla 2** Descripción de características morfológicas de la lechuga

| Órgano                   | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sistema radicular</b> | En el sistema radicular contamos con una raíz pivotante de origen seminal bien diferenciada. Las primeras ramificaciones aparecen después de los 6 días de la germinación y van de entre 2 a 4 cm. La raíz aumenta a 5 mm de su diámetro cuando la planta alcanza una altura de 6 cm y su profundidad máxima es de 70 cm con un ancho de 30 cm. |
| <b>Tallo</b>             | El tallo es de forma cilíndrica y corto en su fase vegetativa. En cambio, en la fase de floración los entrenudos se ramifican y se alargan. La planta por su morfología es denominada “hemicriptófito en roseta” por sus hojas en roseta y poco tallo.                                                                                          |
| <b>Hoja</b>              | Se encuentran hojas glabras de forma redonda, lanceolada o espatulada; el borde del limbo puede ser ondulado, aserrado o liso. En cuanto al color puede variar entre el verde claro-amarillento hasta el verde oscuro y rojizo.                                                                                                                 |
| <b>Flor</b>              | Se cuenta con un capítulo floral de alrededor de 13 a 20 flores. Es una planta autógama y florece en el primer año del cultivo.                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Fruto</b>             | El fruto es sexo, indehisciente y tipo uniseminado. Al madurar torna de color blanco, marrón o casi negro. Se estima un aproximado de 800 a 1000 semillas por gramo. El modo de conservación es mantener una temperatura media de 10C y también una humedad relativa del 30%, esto ayuda a su conservación de 3 hasta 5 años.                   |
| <b>Semilla</b>           | Es un aquenio alargado, con surcos longitudinales y un extremo en punta. Mide aproximadamente de 3 a 4 milímetros de largo por 1 milímetro de ancho. Su color varía de blanco a negro.                                                                                                                                                          |

(Bilbao et al, 2022).

## **2.5 Calidad nutraceutica del cultivo de la lechuga**

La calidad nutraceutica de compuestos como los carotenoides, polifenoles, clorofila y una capacidad antioxidante indican que la lechuga es un vegetal que ayuda mucho a la salud, siendo una fuente de prevención de enfermedades (Kim et al., 2022).

## **2.6 Sistema de producción hidropónica del cultivo lechuga**

### **Hidroponía (Requerimientos nutricionales).**

Existen dos sistemas en la hidroponía que son los más usados en este cultivo:

- Floating system o sistema de balsa
- Nutrient Film Technique (NFT)

Algunas de las ventajas que se obtienen al usar sistemas hidropónicos son los siguientes:

- Ahorro del recurso hídrico y también ahorro en fertilizantes
- Se obtienen productos con mayor calidad
- Aumento en la producción de hasta un 20%
- Se eliminan los lixiviados del suelo
- Precocidad en el desarrollo del cultivo

(Barbosa et al., 2020)

### **Sistema NFT**

El sistema consta de canales de PVC o polipropileno ya sea de color blanco o negro. En este sistema se suministra agua con solución nutritiva en una pequeña lámina de riego de 3-4 mm. La recirculación de agua ayuda a la oxigenación; cada sistema puede variar ya que pueden ser instalados en forma piramidal o en forma de camas (Pastor et al., 2025).

Un sistema NFT tiene un impacto positivo en el desarrollo del cultivo, ayudando el crecimiento de la raíz y también en la buena distribución de nuestra solución nutritiva (Andrade et al., 2025).

## 2.7 Principales plagas y enfermedades en el cultivo de lechuga

### Principales plagas

- Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)
- Pulgón de la lechuga (*Hyperomyzus lactucae*)
- Trips (*Frankliniella occidentalis*)

### Principales enfermedades:

- *Bremia lactucae* (Mildiu)
- *Stemphylium botryosum*
- *Pseudomonas maginalis*
- *Pseudomonas cichorii*
- Virus del mosaico de la lechuga (*Marmos lactucae*)
- Virus del amarillamiento de la lechuga (*Lettuce Necrotic Yellow Virus*)

(Bilbao et al., 2022).

## 2.8 Solución nutritiva

### 2.8.1 Soluciones ideales para el cultivo de lechuga

En cuanto a soluciones es un cultivo con alta demanda de N y K, siendo estos dos, los más demandados por este cultivo. Además, demanda en P, Ca, S y Mg que son macroelementos primarios y secundarios. En cuanto a micronutrientes que son suministrados en pequeñas cantidades, pero son esenciales para su crecimiento, desarrollo y producción se encuentra al Hierro, Boro, Manganeseo, Zinc, Cloro, Cobre, Molibdeno (Alvarado et al., 2020).

### 2.8.2 Concentración nitrato:amonio en la solución nutritiva

La acumulación de  $\text{NO}_3^-$  en las hojas de la lechuga es importante, es uno de los cultivos que más lo retiene, pero esto puede ser perjudicial para los seres humanos, ya que la ingesta en grandes cantidades puede provocar problemas ya que genera compuestos

carcinogénicos. En cambio, la adición de  $\text{NH}_4^+$  reduce la concentración de  $\text{NO}_3^-$  hablamos de que si trabajan en conjunto y en concentraciones correctas puede ser beneficiosa para la salud humana. La adición de estos dos nutrientes en sinergia ayuda a obtener mejor crecimiento en todas sus etapas fenológicas (Lara-Izaguirre et al., 2019).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación del experimento**

El experimento se realizó en un invernadero del departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en Torreón, Coahuila, México. La región tiene una altura de 1120 msnm, precipitación anual de 500 a 640 mm y una temperatura promedio anual de 22.3 °C (Solis et al., 2020).

#### **3.2 Material vegetal y germinación**

Como material vegetal se utilizaron tres variedades de lechuga que son:

- Romana verde (Maximus RZ)
- Romana roja (Rouxai RZ)
- Italiana verde (Starfighter RZ)

Para su germinación se usó:

- Placas de espuma agrícola Peat Foam

#### **3.3 Sistema NFT**

Para el sistema NFT se usaron tres camas con capacidad de 200 plantas por cama, cada cama constaba de 10 tubos de PVC con 20 orificios por tubo. El sistema mantiene una ligera inclinación de 3° lo que facilitó a la circulación de agua y también de la solución nutritiva, la cual fue recolectada en un tanque de 100 L.

### 3.4 Manejo del cultivo

El manejo del cultivo fue por un sistema hidropónico NFT; sistema que ha tomado mucha importancia en la producción de algunos vegetales por todos los beneficios que se obtienen al usar este tipo de sistema como lo son el constante flujo de agua y una solución nutritiva distribuida de manera uniforme en el cultivo (Arbulú et al., 2025).

Durante el ciclo de producción se realizó el control fitosanitario con productos, (Tabla 3), cuando se detectaron la presencia de insectos plaga y síntomas generados por la presencia de patógenos.

**Tabla 3** Productos fitosanitarios aplicados para control de plagas y enfermedades

| <b>Función</b> | <b>Ingrediente Activo</b> | <b>Nombre comercial</b> | <b>Dosis</b> |
|----------------|---------------------------|-------------------------|--------------|
| Fungicida      | Propamocarb y fosetilo    | Previcur                | 3L/Ha        |
| Fungicida      | Oxicloruro de cobre       | Cupravit                | 400g/100L    |
| Insecticida    | Dimetoato                 | Deltapyr                | 1L/Ha        |

### 3.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con arreglo factorial, siendo el factor a: las tres variedades de lechuga y el factor b: las tres concentraciones de nitrato:amonio (Tabla 4). Se establecieron tres repeticiones con 20 plantas por repetición para cada variedad, de las cuales se analizaron 12 plantas.

**Tabla 4** Descripción de los tratamientos

|                                 | Romana verde                    | Romana verde                    | Romana verde                    |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| <b>Factor a:</b>                | Romana roja                     | Romana roja                     | Romana roja                     |
|                                 | Italiana verde                  | Italiana verde                  | Italiana verde                  |
| <b>Factor b:</b>                | $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ | $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ | $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ |
| Fertilizantes                   | (100:0)                         | (80:20)                         | (60:40)                         |
| CaNO <sub>3</sub>               | 645 ppm                         | 409 ppm                         | 291 ppm                         |
| KNO <sub>3</sub>                | 394 ppm                         | 293 ppm                         | 372 ppm                         |
| MgNO <sub>3</sub>               | 440 ppm                         | 376 ppm                         | 71 ppm                          |
| K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | 261 ppm                         | 174 ppm                         | 97 ppm                          |
| MgSO <sub>4</sub>               | 16 ppm                          | 264 ppm                         | 124 ppm                         |
| NH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | -----                           | 264 ppm                         | 462 ppm                         |
| HNO <sub>3</sub>                | 66 ppm                          | 28 ppm                          | -----                           |
| H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>  | 60 ppm                          | 91 ppm                          | 114 ppm                         |

### 3.6 Variables evaluadas

#### 3.6.1 Variables agronómicas

- Número de hojas

Para la variable número de hojas se utilizaron 12 plantas por tratamiento por repetición, obteniendo el promedio de estas; para la medición se contaron manualmente.

- Peso fresco

En el peso fresco se utilizaron 12 plantas por tratamiento por repetición; la medición se realizó con una báscula.

- Diámetro de tallo

En el caso del diámetro de tallo se utilizaron 12 plantas por tratamiento por repetición promediándose para obtener un resultado; se usó un Vernier para realizar la medición.

- Largo de raíz

Para la variable largo de raíz se utilizaron 12 plantas por tratamiento por repetición; para la medición se usó un flexómetro.

- Largo de hoja

En el caso de la variable largo de hoja se utilizaron 12 plantas por tratamiento por repetición; la medición se realizó usando un flexómetro.

- Materia seca

Para la variable materia seca se utilizaron 12 plantas por tratamiento por repetición, obteniendo un promedio de estas; para la medición las plantas se llevaron a un horno a 65°C por un lapso de 24 horas para eliminar el agua contenida en las plantas, posteriormente se procedió a pesar cada planta en una báscula milimétrica y a restar el resultado obtenido en el peso fresco, esto nos da como resultado la materia seca.

### 3.6.2 Variables de calidad

- Vitamina C

Para la variable vitamina C se utilizaron 3 plantas por tratamiento por repetición, obteniendo un promedio de estas; para la medición se usó el método Tillmans.

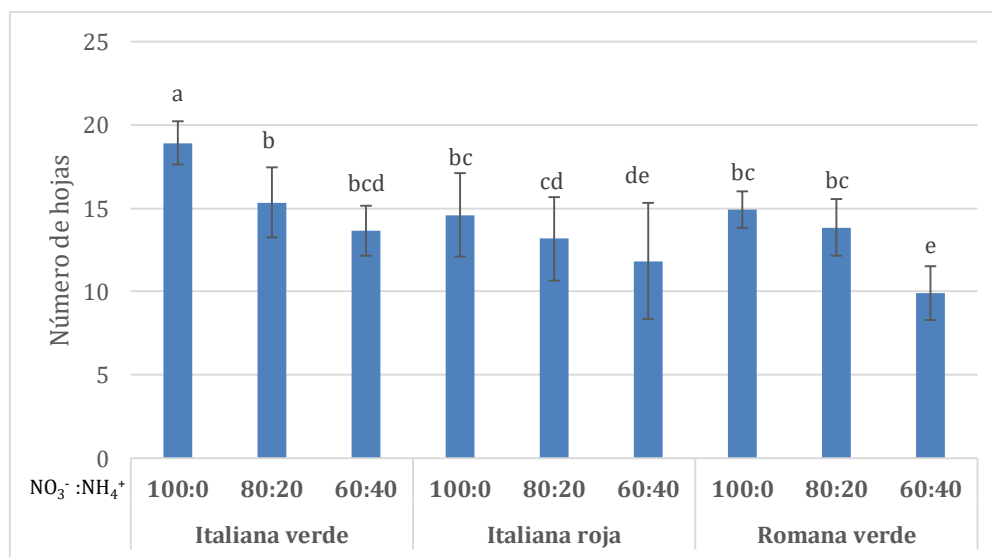
## 3.7 Análisis estadístico

El programa estadístico utilizado para realizar el análisis de varianza (ANVA) fue SAS 9.1 y en caso de encontrar diferencia estadística se realizó la prueba de comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Número de hojas

De acuerdo con los resultados se puede observar la diferencia en cuanto al número de hojas (Figura 1); En la proporción 100:0 la variedad italiana verde presentó el mayor número de hojas con respecto a los demás tratamientos y también con respecto a las demás variedades, teniendo una diferencia del 48% en número de hojas de las plantas que recibieron en la proporción 60:40 en la variedad romana verde. Adicionalmente; todas las variedades con la proporción 100:0 presentaron mayor número de hojas, esto se puede deber a la concentración de nitrato en mayor cantidad, ya que es más aceptable y mejor asimilable por las plantas; puesto que a mayor concentración de  $\text{NO}_3^-$  tienden a producir mayor número de hojas las lechugas (Branimir et al., 2017).

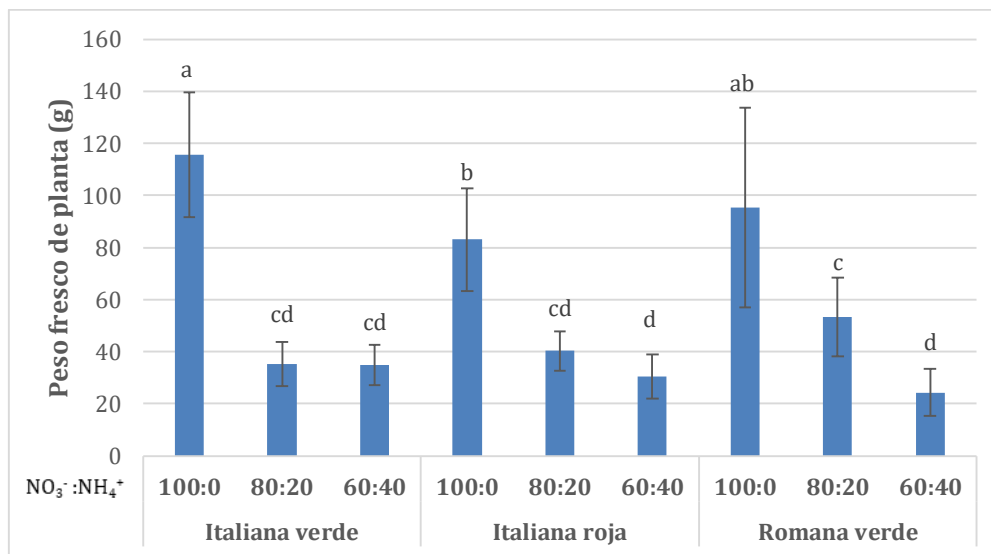


**Figura 1** Número de hojas de las variedades de lechuga evaluadas

### 4.2 Peso fresco

En la Figura 2 se puede apreciar la diferencia de peso fresco en la proporción 100:0 superando a los demás hasta en un 77%, considerándose ser mejor el que cuenta con mayor cantidad de nitrato en la solución. El nitrógeno es mejor asimilado en forma de nitrato y esto se puede traducir en su crecimiento vegetativo, siendo la lechuga un cultivo

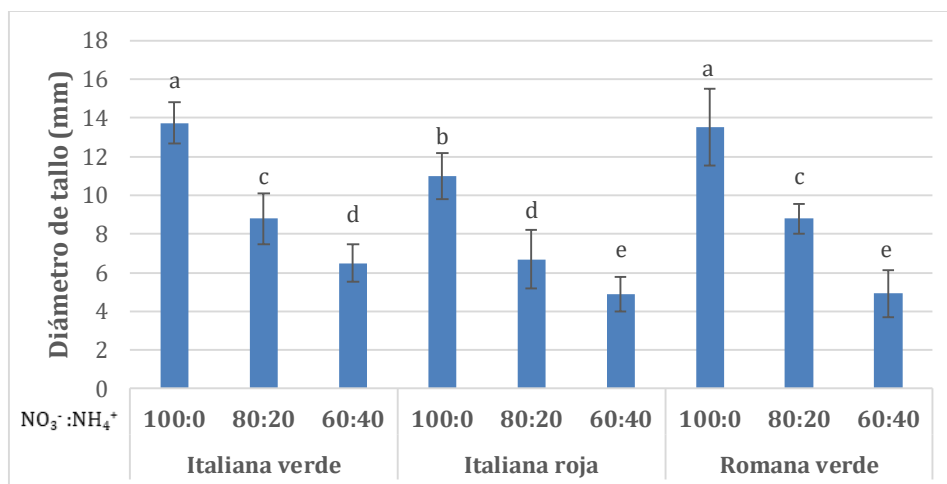
que demanda mucho este macroelemento; también existe una diferencia de crecimiento y desarrollo dependiendo la estación del año en que se encuentren, a pesar de estar en un invernadero con condiciones controladas, algunas variables agronómicas se pueden ver afectadas en diferentes medidas (Urlić et al., 2017).



**Figura 2** Peso fresco (g) de las variedades de lechuga evaluada.

#### 4.3 Diámetro de tallo

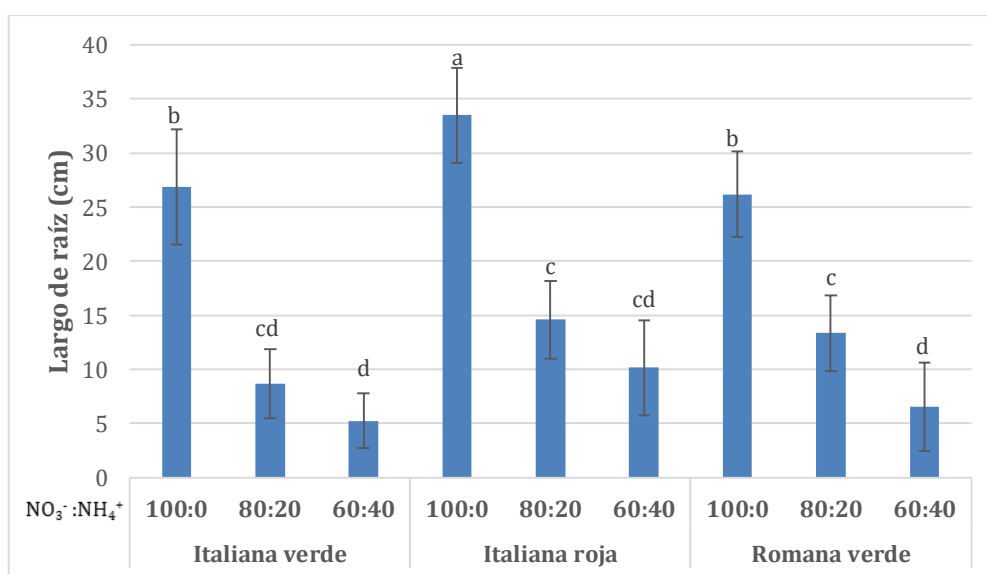
En cuanto al diámetro de tallo se puede observar una diferencia cuando se suministra nitrógeno en forma de  $\text{NO}_3^-$ , ya que para este cultivo es más asimilable y se ve reflejado en el diámetro de tallo obteniendo mejores resultados en la proporción 100:0 que en todas las variedades (Figura 3). Esto se ha reportado en la relación nitrato-amonio, ya que a diferentes concentraciones puede afectar en las variables del cultivo (Wenseslau et al., 2021).



**Figura 3** Diámetro de tallo (mm) de las variedades de lechuga evaluadas.

#### 4.4 Largo de raíz

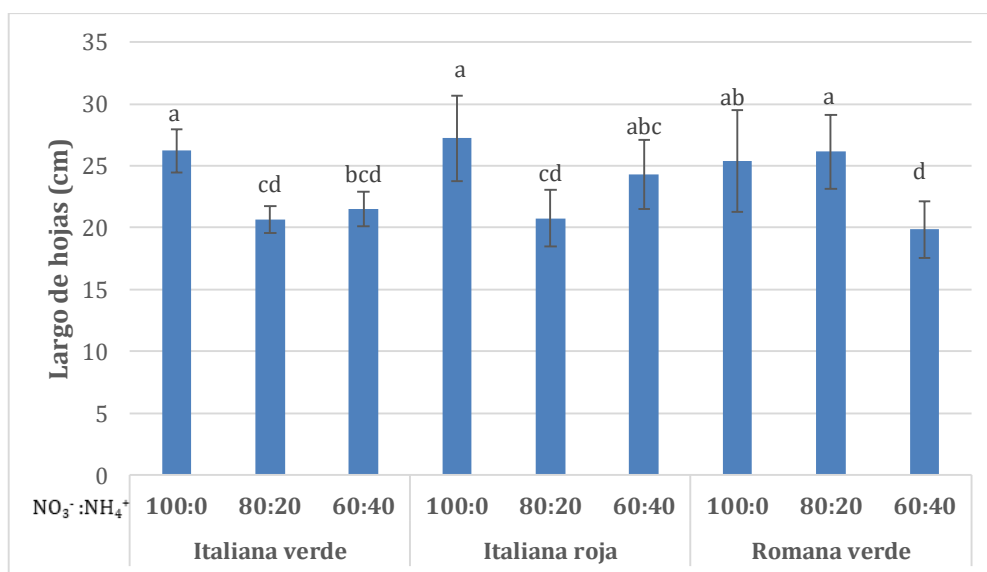
En la Figura 4 se puede observar cómo modifica el largo de raíz en los tres diferentes tratamientos, resaltando por mucho la proporción 100:0 superando hasta en un 70% en comparación con la proporción 60:40 hablando de la variedad Italiana Verde; se puede observar una tendencia similar en las otras variedades. Esto en la literatura es muy acertado en cuanto a la aplicación de  $\text{NO}_3^-$  observamos variables agronómicas con mejores resultados que cuando se agrega  $\text{NH}_4^+$  (Wenseslau et al., 2021).



**Figura 4** Largo de raíz (cm) de las variedades de lechuga evaluadas.

#### 4.5 Largo de hojas

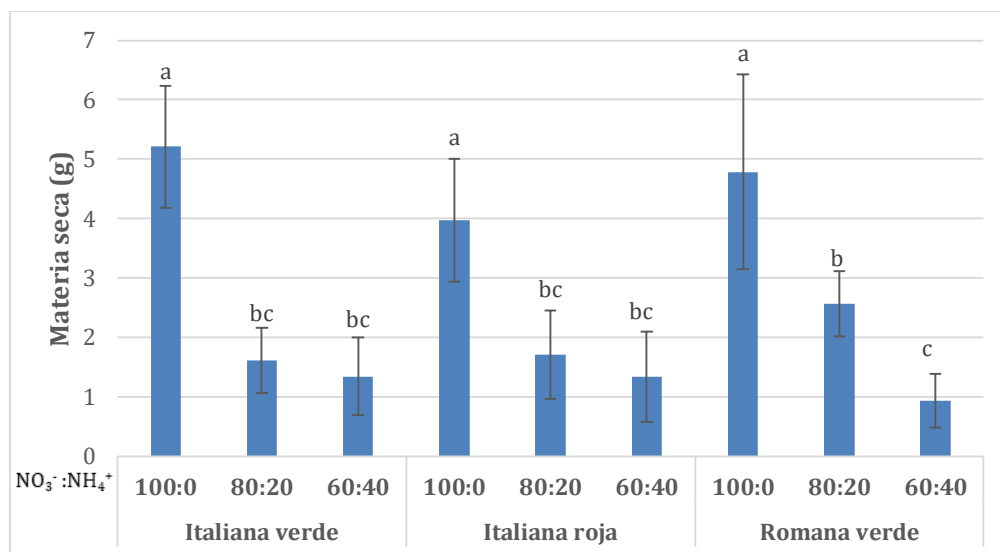
Se puede observar en la Figura 5 los resultados con respecto al largo de hoja, en donde la proporción 100:0 es la que obtuvo los mejores resultados en comparación con los otros tratamientos, superando hasta en un 70% comparándose con una proporción 60:40 en la variedad Italiana Roja; En diferentes experimentos se repiten estos resultados, esto pudiera ser debido a la concentración mayor de  $\text{NO}_3^-$  en nuestra solución, ya que al suministrar Nitrógeno de esta manera obtenemos mejor respuesta en muchas variables agronómicas, como en el número de hojas, diámetro de tallo, largo de hoja, entre otras (De Souza et al., 2021).



**Figura 5** Largo de hoja (cm) de las variedades de lechuga evaluada.

#### 4.6 Materia seca

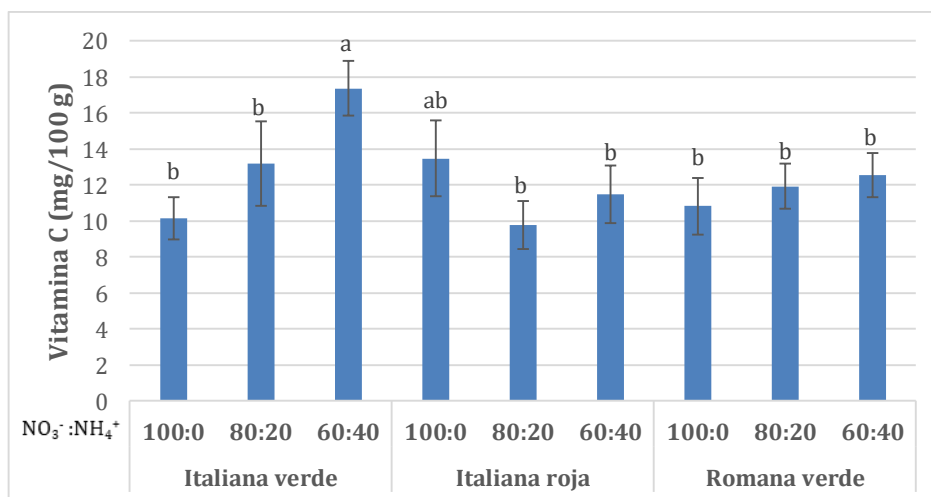
En relación con los resultados obtenidos de Materia Seca se puede analizar en nuestra Figura 6 que los resultados más sobresalientes son los que tienen más concentración de  $\text{NO}_3^-$  en la solución; Esto en experimentos similares se ha observado que al elevar las concentraciones de  $\text{NH}_4^+$  en las soluciones nutritivas tiende a bajar el número de hojas, el diámetro de tallo, peso fresco de raíz y materia seca, esto pudiera ser debido a la proporción y a la forma en que se suministra el nitrógeno (De Souza et al., 2021).



**Figura 6** Materia Seca (g) de las variedades de lechuga evaluadas.

#### 4.7 Vitamina C

En cuanto la Vitamina C (Figura 7) se aprecia que la proporción 60:40 en la variedad Italiana Verde tuvo mayor concentración, incrementando hasta en un 41% con respecto a la proporción 100:0 en la misma variedad; esto pudiera ser a que la relación entre nitrato y amonio puede influir directamente en la vitamina C; Como se ha reportado en otro experimento de condiciones similares, la adición de estas dos formas de nitrógeno en conjunto puede ayudar a elevar el contenido de Vitamina C, en cambio, si se agregan de forma individual no existe un cambio significativo en los niveles de Vitamina C (Qiu et al., 2014).



**Figura 7** Contenido de vitamina C (mg/100g) de las variedades de lechuga evaluadas

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo con lo obtenido en el experimento se puede concluir que las concentraciones de Nitrato y Amonio están estrechamente relacionadas de acuerdo con su dosificación, obteniendo mejores resultados suministrando nuestro nitrógeno a manera de Nitrato que de Amonio. Numerosos experimentos discuten sobre las diferentes concentraciones de suministrar este macroelemento primario (N) y también, se habla mucho que dependiendo de la estación del año en el que se encuentre se van a obtener resultados más favorables, siendo el invierno la mejor temporada para desarrollar el cultivo de lechuga bajo cualquier sistema, ya sea abierto o cerrado.

El cultivo de lechuga es un alto demandante de Nitrógeno, requiriendo de este elemento en todo su ciclo fenológico, esencial para todo su desarrollo vegetativo dando tallos firmes y hojas vigorosas.

## 6. REVISION BIBLIOGRAFICA

- Alfredo Lara-Herrera , Rodolfo de la Rosa-Rodriguez y Libia Iris Trejo-Téllez .(2023). Producción de lechuga (*lactuca sativa* L.) con cinco proporciones de macronutrientes en solución nutritiva.: *Bioagro*, ISSN 1316-3361, ISSN-e 2521-9693, Vol. 35, Nº. 2, 2023, págs. 113-122
- Alvarado-Camarillo, D., Valdez-Aguilar, L. A., González-Fuentes, J. A., Rascón-Alvarado, E., & Peña-Ramos, F. M. (2020). Response of hydroponic lettuce to aeration, nitrate and potassium in the nutrient solution. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 70(4), 341–348. <https://doi.org/10.1080/09064710.2020.1730430>
- Ana Y. Lara, Ángel N. Rojas, Romero-Méndez, Ramirez-Tobías, Cruz-Crespo, Alcalá-Jáuregui, Loredó-Osti (2019) Crecimiento y acumulación de NO<sub>3</sub> - en lechuga hidropónica con relaciones nitrato/amonio en dos estaciones de cultivo.
- Barbosa, G. L., Gadelha, F. D. A., Kublik, N., Proctor, A., Reichelm, L., Weissinger, E., Wohlleb, G. M., & Halden, R. U. (2020). Evaluation of hydroponic systems for the cultivation of lettuce. *Agricultural Water Management*, 245, 106572. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106572>
- Bilbao, M. L., & Frezza, D. (2022). Lechuga. *Buenos Aires: Ediciones INTA*.
- Brenes Peralta, L. P. (2016). Manual de producción hidropónica para hortalizas de hoja en sistemas NFT (Nutrient Film Technique).
- Buendía-García, A., Lozano-Cavazos, C. J., Rodríguez-Ortiz, J. C., Carballo-Méndez, F. D. J., Moreno-Reséndez, A., Sariñana-Navarrete, M. D. L. Á., & Preciado-Rangel, P. (2021). La biofortificación con selenio mejora la calidad nutraceutica y la capacidad antioxidante de la lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 8(3).
- Carrasco Silva, G. I. L. D. A., & Sandoval Briones, C. L. A. U. D. I. O. (2016). *Manual práctico del cultivo de la lechuga*. Ediciones Mundi-prensa.
- Daiane, de & Daniele, Fatima & Hudson, de & Guilherme, Ferreira & Luiz, Antonio & Erica, Carina & Gustavo, Caione. (2021). Nitrate concentration and nitrate/ammonium ratio on lettuce grown in hydroponics in Southern Amazon. *African Journal of Agricultural Research*. 17. 862-868. 10.5897/AJAR2020.15087.
- D-Andrade, L., Escalante-García, N., Olvera-González, E., Orsini, F., Pennisi, G., Vega de Luna, F., Silos-Espino, H., & Najera, C. (2025). *Intercropping lettuce with alfalfa under variable nitrate supply: Effects on growth performance and nutrient dynamics in a vertical hydroponic system*. *Plants*, 14(13), 2060. <https://doi.org/10.3390/plants14132060>
- FAO (2019). Datos sobre alimentación y agricultura. cultivos.
- Gobierno de México. (2021). Al alza, producción y exportación de lechuga mexicana. (p.1). México. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/al-alza-produccion-y-exportacion-de-lechuga-mexicana?idiom=es>
- González, R. (2008). Hidroponía en NFT. Obtenido de Boletín del Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola Bajo Ambientes Protegidos: [http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/BoletinAP2\(10\).pdf](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/BoletinAP2(10).pdf)
- Harlan JR (1992) Crops and Man. Am Soc Agron, Madison, WI
- Heydari, R., Kazemi, E. M., Nosrati, H., Kolahi, M., & Movafeghi, A. (2025). Investigating the effect of foliar application of nano chelated iron on the amounts of metabolites and

- nutritional value of lettuce (*Lactuca sativa* Linn.). *Journal of Food Science & Technology* (2008-8787), 22(163), 1–15. <https://doi.org/10.22034/FSCT.22.163.1>
- Kavvadias, V., Paschalidis, C., Akrivos, G., & Petropoulos, D. (2012). Nitrogen and Potassium Fertilization Responses of Potato (*Solanum tuberosum*) cv. Spunta. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43(1–2), 176–189. <https://doi.org/10.1080/00103624.2012.634711>
- Kim, M. J., Moon, Y., Tou, J. C., Mou, B., & Waterland, N. L. (2022). Phytochemicals, nutrition, metabolism, bioavailability, and health benefits in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Antioxidants*, 11(6), 1158. <https://doi.org/10.3390/antiox11061158>
- Lara-Izaguirre, Ana Y., Rojas-Velázquez, Angel N., Romero-Méndez, Mauricio J., Ramírez-Tobías, Hugo M., Cruz-Crespo, Elia, Alcalá-Jáuregui, Jorge A., & Loredó-Ostí, Catarina. (2019). crecimiento y acumulación de  $\text{NO}_3^-$  - en lechuga hidropónica con relaciones nitrato/amonio en dos estaciones de cultivo. *Revista fitotecnica mexicana*, 42(1), 21-29. Epub 20 de agosto de 2019. Recuperado en 01 de diciembre de 2025, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802019000100021&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802019000100021&lng=es&tlng=es).
- Lazo, R. P., & Gonzabay, J. Q. (2020). Economic analysis of hydroponic lettuce under floating root system in semi-arid climate. *La Granja*, 31(1), 118.
- Malca Soto, F. (2013). Evaluation of nitrate reductase activity and hydroponic growth of lettuce (*Lactuca sativa* L. 'Crufia') based on four nutrient solutions. *J. Univ. Res.* 2 (2), 60–68. doi: 10.17162/riu.v2i2.33
- Moreno-Pérez, Esaú del C., Sánchez-Del Castillo, Felipe, Gutiérrez-Tlaque, Jorge, González-Molina, Lucila, & Pineda-Pineda, Joel. (2015). Greenhouse lettuce production with and without nutrient solution recycling. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 21(1), 43-55. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2013.12.047>
- Ocón Gómez, A. M. (2024). *Comportamiento agronómico de cuatro variedades de lechuga (Lactuca sativa L.) en sistema Biointensivo, Centro experimental, EL Plantel 2023* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria).
- Pastor-Arbulú, P., & Rodríguez-Delfín, A. (2025). Enhancing the growth, yield and physiological response of two lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars through NFT system optimization. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1639002.
- Pastor-Arbulú, P., & Rodríguez-Delfín, A. (2025). Enhancing the growth, yield and physiological response of two lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars through NFT system optimization. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1639002.
- Pomares F.; Ramos, C. 2010. *Fertilización de cultivos horticolas. Guía Práctica de fertilización racional de los cultivos. Vol.2. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.*
- Qiu, Z. P., Yang, Q. C., & Liu, W. K. (2014). Effects of nitrogen fertilizer form and level on the growth and nutritional quality of lettuce in hydroponics. *Acta Horticulturae*, 1037, 643–650. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1037.87>
- Silva, P., & Matos, M. (2016). Assessment of the impact of Aluminum on germination, early growth and free proline content in *Lactuca sativa* L. *Ecotoxicology and environmental safety*, 131, 151-156.

- Soto, E. E. B., Herrejón, G. R., & Barrera, L. E. D. M. (2010). Factores de competitividad del cultivo de lechuga en Santa María Jajalpa, Estado de México. *Análisis económico*, 25(59), 143-154.
- Suharjo, S., and Suaib, S. (2022). Growth analysis of lettuce (*Lactuca sativa* L.) using nutrient film technique (NFT) in hydroponic systems. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 45, 805–813. doi: 10.47836/pjtas.45.3.16
- Urlić, B., Jukić Špika, M., Becker, C., Kläring, H. P., Krumbein, A., Goreta Ban, S., & Schwarz, D. (2017). Effect of NO<sub>3</sub> and NH<sub>4</sub> concentrations in nutrient solution on yield and nitrate concentration in seasonally grown leaf lettuce. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 67(8), 748–757.  
<https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1347704>
- Villanueva-Solis, Jorge. (2020). ZONAS CLIMÁTICAS LOCALES Y USO DE SUELO EN TORREÓN. 10.13140/RG.2.2.29556.17281.
- Wani, M. S., Tantray, Y. R., Jan, I., Singhal, V. K., & Gupta, R. C. (2020). *Lactuca* L.: world distribution and importance.
- Wenceslau, D. de S. L., de Oliveira, D. F., Rabelo, H. de O., Ferbonink, G. F., Gomes, L. A. A., Leonel, E. C. A., & Caione, G. (2021). Nitrate concentration and nitrate/ammonium ratio on lettuce grown in hydroponics in Southern Amazon. *African Journal of Agricultural Research*, 17(6), 862–868. <https://doi.org/10.5897/AJAR2020.15087>

#### REFERENCIAS DE OTRAS TESIS

- Infojardin. (2011). Cultivo de lechuga: Plagas, enfermedades y fisiopatías en cultivo de lechugas. [En línea] Disponible en: <http://articulos.infojardin.com/huerto/cultivolechuga-lechugas.htm>. (Revisado 3 de marzo 2013).