



**Efecto de dosis de Zn para disminuir el tiempo de germinación y emergencia en la producción de microgreens de lechuga, fréjol mungo y cebolla puerro**

Jara Carrera, Jessica Nathaly

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal Mgtr.

16 de agosto del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

**Certificación:**

Certifico que el trabajo de integración curricular: **Efecto de dosis de Zn para disminuir el tiempo de germinación y emergencia en la producción de microgreens de lechuga, fréjol mungo y cebolla puerro**, fue realizado por la señorita: **Jara Carrera, Jessica Nathaly**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 16 de agosto del 2023



Firmado electrónicamente por:  
PABLO ANÍBAL  
LANDAZURI ABARCA

**Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal, Mgtr.**

C. C 1708262348

# Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos



Jara Jessica..\_UIC (1).docx

## Scan details

Scan time: August 16th, 2023 at 19:32 UTC      Total Pages: 40      Total Words: 9947

### Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	4%	396
Minor Changes	2.5%	252
Paraphrased	1.9%	185
Omitted Words	0%	0

### AI Content Detection



Text coverage  
● AI text  
○ Human text

## Plagiarism Results (91)

Ⓢ **Efecto del tratamiento de semilla con zinc y ácido gi...** 0.6%  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=s0002...](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=s0002...)  
Services on Demand Journal SciELO Analytics Google Scholar H5M5 () Article  
Article in xml format Ar...

Ⓢ **scielo.php?pid=S0002-192X2011000100004&script=s...** 0.6%  
<http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=s0002-192x20110001000...>  
Servicios Personalizados Revista SciELO Analytics Google Scholar H5M5 ()  
Artículo Artículo en XML R...

Ⓢ **Efecto del tratamiento de semilla con zinc y ácido gi...** 0.6%  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=s0002...](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=s0002...)  
Serviços Personalizados Journal SciELO Analytics Google Scholar H5M5 ()  
Artigo Artigo em XML Referê...



Firmado digitalmente por:  
PABLO ANIBAL  
LANDAZURI ABARCA

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal, Mgtr.

C.C 1708262348



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

**Responsabilidad de Autoría:**

Yo, **Jara Carrera, Jessica Nathaly**, con cédula de ciudadanía No 1726704297, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Efecto de dosis de Zn para disminuir el tiempo de germinación y emergencia en la producción de microgreens de lechuga, fréjol mungo y cebolla puerro**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 16 de agosto del 2023

**Jara Carrera, Jessica Nathaly**

C.C.: 1726704297



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

**Autorización de Publicación:**

Yo, **Jara Carrera, Jessica Nathaly**, con cédula de ciudadanía No1726704297 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Efecto de dosis de Zn para disminuir el tiempo de germinación y emergencia en la producción de microgreens de lechuga, fréjol mungo y cebolla puerro** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 16 de agosto del 2023

**Jara Carrera, Jessica Nathaly**

C.C.: 1726704297

## **Dedicatoria**

El trabajo va dedicado a mis padres, Rosa y Alcibar, que son mis guías en la vida, son las personas que me han impulsado a seguir adelante y me han demostrado su amor, paciencia, fortaleza, apoyo y ayuda para alcanzar mis metas.

A mi hermano Xavier y hermana Katty darne fuerzas para seguir adelante y demostrarme su cariño y ayuda incondicional.

A mi tío Ángel, por su confianza, ayuda y apoyo incondicional durante todo mi proceso formativo; por ser un ejemplo a seguir por su lucha constante y su humildad; cualidades que cada vez se vuelven más difíciles de encontrar en la sociedad.

## **Agradecimiento**

Gracias a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, a sus excelentes docentes y en especial al Ing. Pablo Landázuri por su ayuda, apoyo incondicional y por brindarme la oportunidad de ser parte de este proyecto. A mi amiga y compañera Nathaly Caisaguano que me apoyo durante el proceso formativo y por siempre creer en mí.

A mi familia que es mi motor e inspiración para seguir adelante y cumplir mis metas, sin ustedes este sueño no hubiese sido posible.

A Edison, que es la persona que ha estado apoyándome incondicionalmente durante esta gran experiencia y sobre todo por creer en mí.

## Índice de contenidos

Carátula .....	1
Certificación .....	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Responsabilidad de autoría .....	4
Autorización de Publicación .....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas .....	12
Índice de figuras.....	13
Resumen .....	14
Abstract.....	15
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>16</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
Antecedentes .....	16
Justificación.....	18
Objetivos .....	19
Objetivo General .....	19
Objetivo Específico.....	19
Hipótesis .....	20
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>21</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>21</b>
Microgreens .....	21

Producción de Microgreens .....	21
Beneficios de los microgreens .....	21
Semillas y Siembra .....	22
Riego .....	22
Cosecha y almacenamiento .....	23
Secuencia productiva de microgreens .....	23
Presiembra .....	24
Siembra .....	24
Micronutrientes impregnados en semillas .....	25
Turba .....	25
Zinc .....	26
Funciones del zinc .....	26
Lechuga .....	27
Microgreens de lechuga .....	27
Fases de crecimiento de la lechuga .....	27
Cebolla puerro .....	28
Germinación de la cebolla puerro .....	28
Tiempo de germinación .....	28
Fréjol Mungo .....	29
Germinación .....	29
Valor Nutricional .....	29
Acido indolacético .....	30
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>31</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>

Ubicación del lugar de investigación .....	31
Manejo de semillas .....	31
Diseño Experimental .....	32
Fase del estudio .....	32
Tipo de diseño.....	33
Tratamientos.....	34
Variables a evaluar.....	34
Porcentaje de germinación.....	34
Tiempo de emergencia .....	34
Largo de las raíces.....	35
Altura de la planta.....	35
Rendimiento Biológico.....	35
Producción de materia seca.....	35
Clorofila.....	36
Concentración de Ácido Indol acético .....	37
Contenido de zinc .....	38
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>40</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>40</b>
Resultados y discusión .....	40
Porcentaje de germinación y tiempo de emergencia.....	40
Velocidad de germinación .....	41
Largo de las raíces.....	42
Altura de los microgreens.....	43
Rendimiento Biológico.....	45

Producción de materia seca.....	47
Producción de clorofila .....	48
Contenido de ácido indolacético (AIA) .....	50
Contenido de Zinc .....	52
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>54</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>54</b>
Conclusiones .....	54
Recomendaciones .....	55
<b>Bibliografía .....</b>	<b>56</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Descripción de tratamientos</i> .....	32
<b>Tabla 2</b> <i>Promedio <math>\pm</math> D.E del tiempo de emergencia de las semillas de fréjol mungo, cebolla puerro y lechuga expuestas a diferentes dosis de zinc</i> .....	40
<b>Tabla 3</b> <i>Promedio <math>\pm</math> D.E de la velocidad de germinación de las semillas en fréjol mungo, cebolla puerro y lechuga expuestas a diferentes dosis de zinc</i> .....	42
<b>Tabla 4</b> <i>Promedio <math>\pm</math> D.E del largo de las raíces en fréjol mungo, cebolla puerro y lechuga expuestas a diferentes dosis de zinc</i> .....	43
<b>Tabla 5</b> <i>Promedio <math>\pm</math> D.E de la altura de microgreens de fréjol mungo, cebolla puerro y lechuga expuestas a diferentes dosis de zinc</i> .....	44

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Disposición de unidades experimentales .....	33
<b>Figura 2</b> Peso de materia seca de microgreens.....	36
<b>Figura 3</b> Proceso para la obtención de clorofila.....	37
<b>Figura 4</b> Proceso para la obtención del ácido indolacético.....	38
<b>Figura 5</b> Proceso para la obtención del contenido de zinc.....	39
<b>Figura 6</b> Fotografías del largo de las raíces de los microgreens en diferentes dosis de zinc en las especies de fréjol mungo ( <i>Vigna radiata</i> ), cebolla puerro ( <i>Allium ampeloprasum</i> ) y lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ). .....	45
<b>Figura 7</b> Rendimiento biológico del fréjol mungo ( <i>Vigna radiata</i> ), cebolla puerro ( <i>Allium ampeloprasum</i> ) y lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) bajo el efecto de cuatro dosis de Zinc.....	46
<b>Figura 8</b> Producción de materia seca en fréjol mungo ( <i>Vigna radiata</i> ), cebolla puerro ( <i>Allium ampeloprasum</i> ) y lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) bajo el efecto de cuatro dosis de Zinc.....	47
<b>Figura 9</b> Producción de clorofila en los microgreens de fréjol mungo ( <i>Vigna radiata</i> ), cebolla puerro ( <i>Allium ampeloprasum</i> ) y lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) bajo el efecto de cuatro dosis de Zinc.....	49
<b>Figura 10</b> Contenido de ácido indolacético en los microgreens de fréjol mungo ( <i>Vigna radiata</i> ), cebolla puerro ( <i>Allium ampeloprasum</i> ) y lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) bajo el efecto de cuatro dosis de Zinc.....	51
<b>Figura 11</b> Concentración de zinc en los microgreens de fréjol mungo ( <i>Vigna radiata</i> ), cebolla puerro ( <i>Allium ampeloprasum</i> ) y lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) bajo el efecto de cuatro dosis .....	52

## Resumen

El objetivo de este estudio es investigar el efecto del tratamiento con Zn (zinc) para reducir el tiempo de germinación y emergencia en la producción de microgreens de lechuga, fréjol mungo y cebolla puerro. El Zn es un micronutriente esencial para el crecimiento de las plantas, involucrado en varios procesos metabólicos. Su deficiencia puede limitar el desarrollo adecuado de las plántulas y retrasar la germinación y emergencia. Para llevar a cabo esta investigación, se seleccionarán semillas de lechuga, fréjol mungo y cebolla puerro. Estas semillas se dividirán en dos grupos: un grupo de control, que no recibirá ningún tratamiento con Zn, y un grupo experimental, que será tratado con una solución de Zn. El tratamiento consistirá en remojar las semillas en la solución de Zn durante un tiempo determinado y luego sembrarlas en bandejas de cultivo adecuadas para la producción de microgreens. Se registrarán diariamente los tiempos de germinación y emergencia de las plántulas en ambos grupos. También se realizarán mediciones de la longitud de las raíces y el peso fresco de las plántulas al final del experimento. Se espera que el tratamiento con Zn acelere el tiempo de germinación y emergencia de las plántulas en comparación con el grupo de control. Si se confirma esta hipótesis, se podría implementar este tratamiento en la producción de microgreens de lechuga, fréjol mungo y cebolla puerro para reducir los tiempos de cultivo y aumentar la eficiencia productiva.

**Palabras clave:** MICROHOTALIZAS, MICRONUTRIENTE, ACELERACIÓN, GERMINACIÓN

## **Abstract**

The aim of this study is to investigate the effect of Zn (zinc) treatment to reduce germination and emergence time on the production of lettuce, mung bean and leek onion microgreens. Zn is an essential micronutrient for plant growth, involved in several metabolic processes. Its deficiency can limit the correct development of seedlings and delay germination and emergence. To carry out this research, lettuce, mung bean and leek onion seeds will be selected. These seeds will be divided into two groups: a control group, which will not receive any Zn treatment, and an experimental group, which will be treated with a Zn solution. The treatment will consist of soaking the seeds in the Zn solution for a certain time and then sowing them in culture trays suitable for the production of microvegetables. The germination and emergence times of the seedlings in both groups will be recorded daily. Measurements of the length of the roots and the fresh weight of the seedlings will also be made at the end of the experiment. Zn treatment is expected to speed up seedling germination and emergence time compared to the control group. If this hypothesis is confirmed, this treatment could be implemented in the production of lettuce, mung bean and leek onion microgreens to reduce cultivation times and increase productive efficiency.

**Keywords:** MICROGREENS, MICRONUTRIENT, ACCELERATION, GERMINATION

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

El zinc (Zn) es un oligoelemento esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas que tiene un fuerte efecto en el crecimiento vegetativo inicial de varios cultivos por su participación en la biosíntesis del ácido indolacético, auxina que está encargada de controlar la elongación celular y otros aspectos fundamentales como el desarrollo de las raíces de las plantas (Rengel *et al.*, 2011). La deficiencia de zinc es la más común de todas las deficiencias de micronutrientes en los cultivos, esto provoca pérdidas en el rendimiento y daños del producto, lo que ocasiona que reduzca su calidad (Almendros *et al.*, 2008).

En el año 2015 ingenieros agrónomos evaluaron la respuesta de plántulas de trigo (*Triticum aestivum L.*) donde el zinc fue aplicado en las semillas para mejorar de manera proporcional los micronutrientes en las plántulas, debido que las plantas necesitan de pequeñas cantidades de estos elementos. Además, la planta tiene una mejor uniformidad y distribución de elementos, lo que reduce los costos de aplicación y optimiza la nutrición de las plantas con raíces poco desarrolladas en las primeras etapas de crecimiento, lo que afecta la absorción de nutrientes del suelo. El propósito del tratamiento de semillas con zinc es transferir el elemento de la semilla a la plántula y obtener reservas de zinc, que se convertirán en una importante fuente de nutrición para las plantas (Madruga *et al.*, 2015).

Intriago (2021) evaluó el “Efecto del tratamiento de semillas con zinc sobre la germinación y vigor de plántulas de maíz dulce (*Zea mays L.*) var. Bandit. explica que” la impregnación de micro elementos en semillas antes de la siembra surge como una alternativa viable para suplir ciertas deficiencias, mediante este proceso se obtienen alimentos vegetales enriquecidos con vitaminas y micronutrientes necesarios en la dieta alimenticia de los seres humanos y animales.

La impregnación de micro elementos en semillas de la siembra se ha convertido en una alternativa viable para eliminar algunas carencias, con este proceso es posible obtener alimentos vegetales ricos en vitaminas y oligoelementos necesarios para la nutrición humana y animal (Intriago, 2021).

Cakmak *et al.* (2012) en el artículo “Zinc priming promotes seed germination and seedling vigor of rice” evalúa el efecto de la impregnación de semillas con zinc sobre el vigor y viabilidad de plántulas de arroz (*Oryza sativa L.*), donde las semillas tratadas con Zn a 5 y 2,5 mM antes de la germinación mostraron un porcentaje de germinación, número de raíces y peso seco mucho mayor, donde obtuvieron como resultado que la alta concentración de Zn (10 y 25 mM) inhibió la germinación de las plántulas y redujo la germinación.

Martínez (2016) en su trabajo “*Debaryomyces hansenii* como agente de control biológico y modulador del contenido de compuestos bioactivos en microgreens como plataforma alimentaria” explica que los microgreens son una alternativa nutricional con algunos beneficios adicionales, ya que son vegetales inmaduros producidos a partir de semillas y hierbas, que han desarrollado completamente los cotiledones que pueden o no tener la primera hoja verdadera. Suelen medir entre 2,5 y 7,6 cm de altura y tardan entre 7 y 14 días en crecer. Una pequeña ingesta de microvegetales proporciona al cuerpo alrededor del 89% del requerimiento diario de vitaminas. Varios estudios han demostrado un vínculo entre el consumo de vegetales y la reducción de la incidencia de enfermedades crónicas como las enfermedades cardiovasculares y el cáncer.

Flores *et al.* (2021) realizaron el estudio “Micro-Hortalizas: un alimento de futuro” explica que los microgreens es la etapa temprana de desarrollo contiene muchos compuestos bioactivos (vitaminas, minerales y antioxidantes) en comparación con sus contrapartes maduras o semillas, por lo que se denomina "alimento funcional" o "superalimento", lo que aumenta su necesidad. El consumo de micro hortalizas aún es limitado principalmente debido a su corta vida postcosecha, usualmente 3-5 días a

temperatura ambiente. Para mejorar la vida postcosecha de las micro hortalizas, se están evaluando diferentes técnicas como agentes de sanitización, embalajes a base de plásticos y condiciones atmosféricas y temperaturas de almacenamiento.

### **Justificación**

Existen estrategias para resolver los problemas como la desnutrición, con los microgreens, el cual es un nuevo tipo de ensalada que ha ganado popularidad y atención en los últimos años, además de ser una rica fuente de nutrientes y vitaminas con propiedades nutricionales que no se basan en la bioaumentación o en la ingeniería/manipulación genética. Los microgreens pueden jugar un papel importante en la salud humana por lo que ha ido en aumento su popularidad y consumo por que contiene concentraciones mucho más altas de vitaminas, carotenoides que las especies (Castagnino *et al.*, 2020).

La asociación entre el consumo de frutas-verduras y la reducción del desarrollo de enfermedades crónicas como las enfermedades cardiovasculares y el cáncer. La ingesta de vegetales aporta al organismo diversos compuestos bioactivos, como el ácido ascórbico (vitamina C), caroteno (como el betacaroteno o la provitamina A), filloquinona (principalmente vitamina K), tocoferol (vitamina E), etc (Martínez, 2016).

La desnutrición es un problema social que limita las capacidades y el funcionamiento de las personas, por lo que su erradicación debe ser una responsabilidad sociopolítica a escala global. En la actualidad, se está produciendo un cambio nutricional y epidemiológico que se manifiesta en una disminución de la desnutrición que conduce a un aumento del sobrepeso y la obesidad (Malo *et al.*, 2015).

El Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP, 2018) menciona que la desnutrición de minerales como el hierro y el zinc es uno de los principales problemas globales que afecta a dos tercios de la población mundial en todos los niveles de la economía, un problema exacerbado por las prácticas

agrícolas actuales. La falta de tierra, espacio, jardines al aire libre, el tiempo dedicado al cultivo de vegetales tradicionales y los altos costos de producción son problemas que requieren un enfoque innovador. El zinc es un oligoelemento esencial porque participa en procesos biológicos como el crecimiento, el desarrollo de la estructura psíquica y reduce la propagación de infecciones. Por lo tanto, las deficiencias de micronutrientes que afectan el crecimiento y desarrollo en la niñez se consideran un grave problema de salud pública que afecta de manera desproporcionada a los países de América Latina.

La presente investigación pretende evaluar el efecto de dosis de Zn (0,25,50,100  $\mu$ M) para disminuir el tiempo de germinación y emergencia en la producción de microgreens de lechuga, fréjol mungo y cebolla puerro.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto de las dosis de Zn para disminuir el tiempo de germinación y emergencia en la producción de microgreens de lechuga, fréjol mungo y cebolla puerro.

### **Objetivo Específico**

Analizar los parámetros agronómicos de microgreens de lechuga, fréjol mungo y cebolla puerro tratados con distintas dosis de zinc.

Valorar los parámetros fisiológicos de microgreens de lechuga, fréjol mungo y cebolla puerro tratados con distintas dosis de zinc.

Establecer los parámetros productivos alcanzados en microgreens de lechuga, fréjol mungo y cebolla puerro tratados con distintas dosis de zinc.

Determinar el contenido nutricional de zinc de microgreens de lechuga, fréjol mungo y cebolla puerro bajo el efecto de distintas dosis de Zn.

## **Hipótesis**

**Ho:** Las plántulas de microgreens tratadas con zinc, presentaron una similar producción con respecto a las plántulas de microgreens no tratadas con zinc.

**H1:** Las plántulas de microgreens tratadas con zinc, presentaron una diferente producción con respecto a las plántulas de microgreens no tratadas con zinc

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### **Microgreens**

Los microgreens, o microgreens, son plántulas de vegetales o hierbas comestibles que crecen hasta la etapa de cotiledón completo o aparecen las primeras hojas verdaderas. La recolección tiene lugar entre 7 y 21 días después de la germinación, dependiendo de la especie. Aunque los microgreens son pequeños, de unos 2,5-7,6 cm incluyendo tallos y cotiledones, proporcionan una amplia gama de sabor intenso, color brillante y textura suave (Flores *et al.*, 2021).

#### **Producción de Microgreens**

Los microvegetales requieren luz y un medio de cultivo, y su periodo es de 7 a 28 días según la especie, ya que en este caso la parte comestible está formada por el tallo, los cotiledones y las hojas primarias. Debe haber suficientes contenedores (bandejas perforadas) con una profundidad de aproximadamente de 10 cm, sustrato (preferiblemente turba) y semillas, el riego debe hacerse con aspersor manual (Castagnino *et al.*, 2020).

Los factores previos a la cosecha más importantes que afectan el rendimiento son: selección de especies y factores de manejo tales como: fertilización, riego e iluminación. Estos factores afectan la fisiología y la calidad del cultivo. Para la fase posterior a la cosecha, la vida útil y la seguridad pueden verse afectadas por otros factores, como la temperatura, la composición atmosférica y los métodos de envasado (Castagnino *et al.*, 2020).

#### **Beneficios de los microgreens**

Los microgreens, o microvegetales, son plántulas de vegetales o hierbas comestibles que crecen hasta la etapa de cotiledón completo o aparecen las primeras hojas verdaderas. Dependiendo de la especie, el tiempo de cosecha es de 7 a 21 días. Son una fuente más rica de constituyentes funcionales como antioxidantes, compuestos fenólicos, vitaminas y minerales que sus respectivas hojas o semillas

maduras. Además de su valor nutritivo habitual, tienen propiedades promotoras de la salud o preventivas de enfermedades, por lo que son muy populares y se consideran alimentos funcionales (Arumugam y Tamilselvi, 2005).

Los microvegetales dan a las comidas una textura única y un sabor inusual. Los microgreens obtienen su color de los pigmentos naturales de las plantas. Los microvegetales son ricos en antioxidantes y otros fitonutrientes que pueden beneficiar la salud humana y se ha demostrado que reducen el riesgo de ciertos tipos de cáncer y enfermedades cardíacas. Los fitonutrientes más comunes en los microvegetales son el betacaroteno y otros carotenoides, así como las vitaminas K, C y E. Estas pequeñas plantas se pueden utilizar para decorar una variedad de platos principales con su vibrante gama de colores (Arumugam y Tamilselvi, 2005).

### **Semillas y Siembra**

Las semillas de hortalizas y hierbas utilizadas para la producción de microvegetales no deben tratarse con productos fitosanitarios químicos. Las semillas se siembran en filas o anillos. Se recomienda una plantación densa para aumentar los rendimientos, pero las plantaciones densas proporcionan un ambiente ideal para las plagas (como pulgones y pulgones) y enfermedades (especialmente *Pythium*, *Phytophthora* y el marchitamiento) (Arumugam y Tamilselvi, 2005).

En algunas especies, las enfermedades causadas por esclerotinia y rhizoctonia pueden causar problemas a algunos huéspedes. Además, demasiada densidad de plantas favorecerá el alargamiento de los tallos. Para evitar plagas y enfermedades beneficiosas y para reducir el alargamiento excesivo del tallo, siembre las semillas en un espacio óptimo (Arumugam y Tamilselvi, 2005).

### **Riego**

Después de la germinación, las plántulas deben regarse con una regadera o micro aspersores. El riego de fondo es mejor porque mantiene secos los tallos y las hojas y reduce el riesgo de enfermedades. Sin embargo, el medio de cultivo debe estar húmedo, pero no saturado. El riego excesivo

puede provocar un crecimiento atrofiado o deforme y el riesgo de plagas y enfermedades (Castagnino *et al.*, 2020).

Las inundaciones promueven el desarrollo de enfermedades fúngicas en las hojas. En verano, el área de plantación se puede cubrir con una red de sombra o el microgreen se puede mover a un área sombreada para evitar el fotoblanqueo (Castagnino *et al.*, 2020).

### **Cosecha y almacenamiento**

Los microgreens generalmente se cosechan de una sola vez con tijeras limpias o tijeras de podar pequeñas. Los microvegetales recién cosechados deben estar disponibles y consumirse lo antes posible, mientras que los microvegetales de cosecha propia solo deben cosecharse inmediatamente antes de su consumo. La altura de corte es importante para asegurar que las partículas en el medio de cultivo no contaminen el producto. Los microgreens se cosechan cuando aparece el primer conjunto de cotiledones y hojas verdaderas, generalmente de unos 5 cm de largo, pero esto depende del tipo de cultivo (Arumugam y Tamilselvi, 2005).

Los microgreens son plantas delicadas que deben manejarse con cuidado durante la cosecha. Después de la cosecha, se deben lavar a fondo con agua limpia para eliminar la mezcla de sustrato restante y los residuos vegetales. Los microgreens cosechados son altamente perecederos y deben limpiarse y enfriarse lo antes posible siguiendo buenas prácticas de manipulación para garantizar la seguridad alimentaria. Luego se debe agitar y enrollar en una toalla de papel para eliminar el exceso de humedad antes de guardarlo en un recipiente. Los microgreens deben colocarse en un recipiente de plástico rígido para protegerlos y prolongar la vida útil del producto envasado (Arumugam y Tamilselvi, 2005).

### **Secuencia productiva de microgreens**

La producción de microgreens presenta un protocolo para su producción que se puede dividir en presembrado y siembra.

### **Presiembra**

La presiembra está conformada por la activación de la semilla, desinfección y el enjuague de las semillas.

- Activación de las semillas
- Desinfección de las semillas:
- Enjuague

### **Siembra**

En la siembra se realiza la preparación de sustratos, siembra de las semillas desinfectadas y la ubicación.

#### **Sustratos**

Se deben elegir sustratos que combinen las mejores propiedades fisicoquímicas, como la turba, ya que tienden a promover un crecimiento más rápido y mayores rendimientos en fresco (Castagnino *et al.*, 2020).

Los sustratos que promueven un crecimiento rápido, como la turba, tienden a promover la acumulación de nitratos (especialmente en aquellos que coinciden con las plantas crucíferas, ya que son hiperacumuladores de nitratos), por lo que se deben considerar prácticas apropiadas para minimizar la exposición del consumidor a los nitratos. Se ha demostrado que todas las especies cultivadas como microvegetales funcionan mejor cuando se cultivan en turba (55 % más que en otros entornos de cultivo), independientemente de las diferencias de rendimiento entre especies (Castagnino *et al.*, 2020).

#### **Siembra**

La densidad utilizada debe ser de aproximadamente de 1 a 4 semillas por centímetro cuadrado, distribuidas lo más uniformemente posible. Después de la siembra, se deben cubrir con el mismo sustrato que las bandejas o preferiblemente con vermiculita o perlita, lo que asegura un buen suministro de agua a las semillas durante la fase de germinación (Arumugam y Tamilselvi, 2005).

## **Ubicación**

Las bandejas se deben guardar en un lugar oscuro hasta que germinen (2 o 3 días), y cuando aparezcan las primeras hojas se deben trasladar a un lugar soleado. En un primer momento conviene cubrir las bandejas con un film para favorecer su germinación (Castagnino *et al.*, 2020).

## **Micronutrientes impregnados en semillas**

Los micronutrientes son esenciales para el crecimiento de las plantas y la salud humana. La aplicación foliar y al suelo son los métodos de adición de micronutrientes más utilizados, pero los costos asociados y la dificultad para obtener fertilizantes con micronutrientes de alta calidad son una gran preocupación en los países en desarrollo (Intriago, 2021).

Los tratamientos de semillas con micronutrientes, incluido la imprimación y el recubrimiento de semillas, son una alternativa atractiva y sencilla. Estos tratamientos de semillas con micronutrientes tienen el potencial de mejorar el crecimiento de los cultivos y el enriquecimiento de los nutrientes de los cultivos. En la mayoría de los casos, el uso de micronutrientes en las semillas mejora el establecimiento de la planta, aumenta el rendimiento y el contenido de micronutrientes en los granos (Intriago, 2021).

En algunos casos, no hay ventajas en el tratamiento de semillas, pero rara vez tiene efectos negativos. Dado que el tratamiento de semillas es un método simple y rentable de aplicación de micronutrientes, es una opción atractiva para los agricultores de escasos recursos (Intriago, 2021).

## **Turba**

La turba es un sustrato de origen vegetal cuyas propiedades físicas y químicas varían según la fuente. Se divide en rubias y negro, las rubias tienen mayor contenido de materia orgánica y se descompone menos, mientras que el negro tiene menor contenido de materia orgánica por estar más mineralizado. La capacidad de absorción de agua está entre los mejores parámetros de las marcas comerciales 57,77%-69,29%, y la porosidad es de 8,66%-14,44%. Una de las desventajas de la turba es su

alta capacidad de intercambio catiónico y su inestabilidad estructural, que interfieren con la nutrición de las plantas (Pacas, 2022).

## **Zinc**

En las plantas, el zinc juega un papel importante en la fisiología, el metabolismo y la reproducción: actúa como regulador de un gran número de enzimas, ejerce un papel fisiológico en la estructura y funciones de las membranas biológicas, tiene una gran importancia en la fotosíntesis y actúa sobre enzimas que están involucradas en el metabolismo de las plantas, la regulación del crecimiento y enzimas reproductivas (Almendros *et al.*, 2008).

La cantidad de zinc que necesitan para un crecimiento y desarrollo normales es muy pequeña: de 15 a 20 mg por kg de tejido seco; estos valores representan menos del 0,1% del peso seco total del tejido. Por lo tanto, el zinc se clasifica como un micronutriente. Sin embargo, aunque se necesita en cantidades muy pequeñas, este elemento es esencial para que las plantas completen su ciclo de vida, ya que está directamente involucrado en el metabolismo celular, sobre todo porque ningún otro elemento puede realizar la misma tarea. La importancia del zinc para las plantas está relacionada con su capacidad para actuar como estabilizador de la estructura proteica o como cofactor (ion inorgánico) necesario para la activación de enzimas involucradas en diversos procesos metabólicos (Almendros *et al.*, 2008).

## **Funciones del zinc**

El zinc es un elemento con baja movilidad en las plantas, pero con muchas funciones clave. La estructura y función de muchas enzimas depende de la presencia de zinc en las plantas. Unas 2.800 proteínas dependen del zinc para su síntesis y función. Es necesario para la síntesis de carbohidratos y la conversión de azúcar en almidón durante la fotosíntesis (Rubio *et al.*, 2007).

También participa en el metabolismo hormonal regulando los niveles de auxina a través de la síntesis del aminoácido triptófano. El zinc tiene un efecto beneficioso sobre la producción de polen y la

fertilidad durante la maduración y la producción de semillas, por lo que la deficiencia de zinc afecta el rendimiento del grano más que el desarrollo vegetativo. También promueve el mantenimiento y la integridad de las membranas celulares y permite que las plantas toleren los patógenos, especialmente los que se encuentran en el suelo (Rubio *et al.*, 2007).

## **Lechuga**

La lechuga se consume durante todas las épocas del año, por lo que siempre existe en el mercado gran demanda de este producto. Es una planta rica en principios vitamínicos; contiene el 94,8 por 100 de agua, el 1,2 por 100 de proteína, el 0,2 por 100 de grasas, y el 2,9 por 100 de hidratos de carbono (Velásquez *et al.*, 2014). En crudo tiene elevadas dosis de vitaminas A, B1, B2, C y E, así como minerales.

## **Microgreens de lechuga**

Los microgreens de lechuga son pequeñas plántulas que se cosechan más tarde que los brotes y, debido a su inmadurez, suelen tener un sabor fuerte, textura suave, color claro y nutrición. Dichos productos son parte de lo que la industria agrícola llamados métodos agrícolas no tradicionales. Su consumo se ha incrementado debido al interés por explorar diferentes sabores, nuevas formas de comer y alimentos frescos y saludables (Castagnino *et al.*, 2020).

## ***Fases de crecimiento de la lechuga***

En la fase de la germinación de las semillas de lechuga tarda de 5 a 7 días en germinar luego pasa a la fase de plántula, esta etapa es la más vulnerable desde la aparición del sistema radicular (raíces) y las primeras hojas (cotiledones) y tiene una duración de 1 a 2 semanas (Lemos *et al.*, 2018).

## **Cebolla puerro**

La cebolla constituye un condimento importante en los platos de muchos países y es conocida por su alto contenido de vitaminas A, B, C, minerales y calorías. Por lo general, se come fresco, pero puede deshidratarse con relativa facilidad y usarse como concentrado (Lemos *et al.*, 2018).

### ***Germinación de la cebolla puerro***

Durante la germinación, una raíz primaria y la parte inferior del cotiledón crecen a partir de la semilla. Luego se expande para formar una "rodilla" o rótula, continúa extendiéndose hacia arriba y se vuelve verde, y finalmente cambia de color y asume una posición vertical. La temperatura óptima de germinación está entre 20 y 25°C (Peña, 2015).

Las semillas inmaduras de cebollas, germinan con un contenido de humedad del 64 %, así como semillas maduras con un contenido de humedad del 80 %. Este comportamiento de las semillas inmaduras puede acortar el tiempo entre generaciones; muy útil para los programas de fitomejoramiento (Galmarini, 2005).

Se pueden formar radicales en las semillas de cebolla durante el día a una temperatura de 10°C, si las semillas han sido tratadas durante 10 días en una solución con una presión osmótica de 10 bar. A esta temperatura, las semillas secas crudas germinan en 10 días. Urgencias más rápidas. Se puede lograr una mayor uniformidad de siembra en el campo y mayores rendimientos remojando las semillas en una solución altamente concentrada (Peña, 2015).

Las plántulas continúan creciendo gracias a una serie de nuevas hojas en los brotes terminales y nuevas raíces adventicias en los tallos.

### ***Tiempo de germinación***

Son plantas herbáceas bianuales cuyo cultivo es anual. Debido a su rusticidad, se puede cultivar de verano a invierno. Un gramo de semillas contiene de 350 a 400 semillas. A 7°C germina y tarda de 10

a 12 días. La profundidad de siembra es de 1-2 cm, las plántulas son de aprox. 10-15 cm de separación (Nieto *et al.*, 2020).

### **Fréjol Mungo**

El fréjol mungo (*Vigna Radiata*) destaca por su llamativo color verde y es una de las legumbres más pequeñas y redondas, que a su vez tiene una energía incalculable en su interior que puede crecer y prosperar en ambientes áridos, semiáridos y semiáridos- cálido porque requiere poca agua para crecer. Es una leguminosa herbácea, rizada y erecta, de 15 cm a 1 m de altura, la floración comienza de 7 a 8 semanas después de la siembra, las flores son amarillas, de 1 cm de largo, sus tallos son pubescentes, cubiertos de pelos de color ácido con raíces fibrosas y pivotantes (Madriz y Luciani, 2004).

### **Germinación**

Las semillas de fréjol germinan de 3 a 4 días después de la siembra. Las características de la planta comienzan a desarrollarse, solo después de 30 a 35 días la planta florece. Durante este mes, los fréjoles mungo logran capturar nitrógeno del medio ambiente, lo que ayuda a entregar fertilizante a otros cultivos en el suelo (Martínez *et al.*, 2016).

### **Valor Nutricional**

El contenido nutricional de este fréjol es rico en proteínas y aminoácidos que ayudan a proporcionar a las personas altos nutrientes. Basado en 100 gramos de semillas maduras y crudas de *Vigna radiata*, contienen 0 mg de colesterol y solo 1,25 gramos de grasa. Adicionalmente, el mismo peso de semillas maduras tiene 62,2 gramos de carbohidratos, 16,3 gramos de fibra, 23,86 gramos de proteína, 15 mg de sodio y un total de 347 calorías, que es el 17 por ciento de la ingesta diaria recomendada. Las legumbres maduras de esta especie también contienen vitaminas K, B-9 y C (Nighat *et al.*, 2000).

Después de la germinación, el fréjol mungo tiene un alto contenido de ácido ascórbico, que se puede utilizar como factor ascórbico. La proteína por unidad de área contiene 0,55 TM-HA y es de

origen vegetal. En los cotiledones del fréjol mungo (*Vigna Radiata*), encontramos un alto valor proteico para obtener globulina, albúmina y proteínas insolubles, mientras que los carbohidratos formaron la fuente de energía dietética con un contenido de almidón de hasta el 70% (Nighat *et al.*, 2000).

### **Acido indolacético**

El Acido indolacético (IAA) es la principal auxina natural en las plantas superiores y están involucrados en el crecimiento, desarrollo de las plantas. Además de participar principalmente en varios procesos fisiológicos, que incluyen elongación y división celular, diferenciación de tejidos, fototropismo, geotropismo y respuestas de defensa lo que enfatiza su importante papel en el xilema y formación de raíces (Vega *et al.*, 2016).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### Ubicación del lugar de investigación

El presente estudio se realizó en la Hacienda “El Prado” donde se encuentran las instalaciones de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria-IASA, Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, ubicada en la provincia de pichincha, cantón Rumiñahui, en la parroquia San Fernando con las siguientes coordenadas geográficas: Longitud 78°24'44''O, Latitud 0°23'20'' S y altitud de 2750 m.s.n.m.

La fase de germinación se efectuó en el invernadero de horticultura con una temperatura promedio de 16 °C, una temperatura máxima de 28 °C y una temperatura mínima de 8 °C.

#### Manejo de semillas

Las semillas se desinfectaron con cloro (8 %) en 250 ml de agua estéril durante 7 minutos, divididos en un tiempo de 1 minuto y 2 de tres minutos, después de cada tiempo se enjuagaron las semillas con agua estéril.

Para la impregnación de las semillas se utilizó sulfato de zinc heparhidratado grado PA para análisis adquirido en la casa comercial Mailinckrodt AR®. Se prepararon tres soluciones en 250 ml de agua estéril con una concentración de 25,50,100 µM. Se colocaron un total de 1600 semillas de fréjol mungo, 3200 semillas de cebolla puerro y 3200 semillas de lechuga en tarros, las cuales fueron sumergidas en soluciones de 25,50,100 µM.

El remojo se hizo en un tiempo aproximadamente de 24 horas, las semillas fueron sacadas de los tarros y colocadas en toallas de papel estéril posteriormente se sembraron las semillas en tarrinas de 500 g. El tratamiento testigo no fue remojado bajo ninguna solución, solo se remojaron durante 24 horas con agua estéril.

La preparación del sustrato se llevó a cabo dentro del laboratorio, para lo cual se esterilizó 2736 g de sustrato (turba) en la autoclave por un tiempo de 25 minutos y se dejó reposar por 24 horas, para

después colocar 57 g en cada tarrina dentro de la cámara de flujo. Posteriormente se realizó la siembra de las semillas en el sustrato y luego se llevó a cabo el riego con agua estéril para evitar cualquier tipo de contaminación.

Para mantener la inocuidad en el experimento los recipientes utilizados fueron esterilizados bajo la luz UV a 15 minutos, en este caso se utilizaron para la siembra 96 tarrinas de las cuales a 48 se le realizaron 5 huecos por cada tarrina para el riego que se lo realizó sumergiendo la tarrinas por aproximadamente 7 segundos en agua estéril y las otras 48 sin hueco fueron utilizadas para tapar las tarrinas con las semillas para evitar el ingreso de cualquier tipo de contaminante que pueda interferir en la germinación de las semillas.

## **Diseño Experimental**

### ***Fase del estudio***

El ensayo contó con 48 unidades experimentales en el caso del fréjol mungo cada unidad estuvo conformada por 100 semillas, mientras que en el caso de la lechuga y la cebolla puerro por unidad experimental se colocaron 200 semillas, de un total de 20400 semillas de las tres variedades, de las cuales 22200 semillas fueron sumergidas a distintas dosis de zinc (25,50 y 100  $\mu\text{M}$ ) durante 24 horas, mientras que 2000 semillas fueron sumergidas en agua estéril en el mismo lapso de tiempo (Tabla 1).

**Tabla 1**

### ***Descripción de tratamientos***

Tratamiento	Dosis de Zn ( $\mu\text{M}$ )
T1	0
T2	25
T3	50
T4	100

*Nota:* La siguiente tabla muestra los tratamientos con sus dosis de Zn T1= 0  $\mu\text{M}$ , T2= 25  $\mu\text{M}$ , T3= 50  $\mu\text{M}$ , T4= 100  $\mu\text{M}$ .  
Autoría propia.

### Tipo de diseño

El ensayo se dispuso bajo un diseño completamente al azar (3 x 4) con 4 repeticiones, para las variables: porcentaje de germinación, tiempo de germinación, contenido de Zinc, rendimiento biológico, contenido de ácido indolacético y clorofila. El modelo matemático fue el siguiente:

$$Y_{ij} = u + Z_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Producción de microgreens de lechuga, fréjol mungo y cebolla puerro.

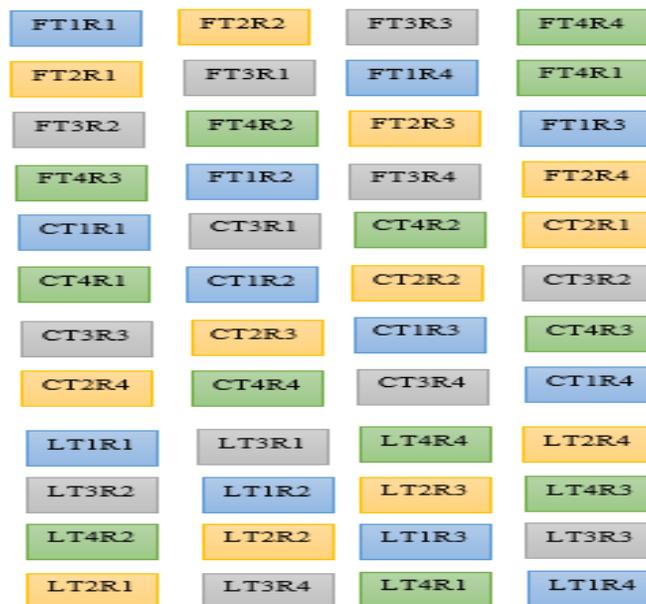
$u$  =Media general

$Z_i$  =Efecto de la i-ésima concentración de zinc

$E_{ij}$  =Error experimental

### Figura 1

Disposición de unidades experimentales



Nota. Esta figura muestra la disposición de las variedades (L=Lechuga, C=Cebolla, F= Fréjol), tratamientos (T1=0  $\mu$ M Zn, T2=25  $\mu$ M Zn, T3=50  $\mu$ M Zn, T4=100  $\mu$ M Zn) y repeticiones (R). Autoría propia.

## Tratamientos

Los tratamientos se obtuvieron al relacionar dosis de Zinc (0,25,50,100  $\mu\text{M}$ ) con un tiempo de remojo de 24 horas.

## VARIABLES A EVALUAR

Con respecto a las variables agronómicas se tomó en cuenta: el porcentaje de germinación, tiempo de emergencia, el largo de las raíces y la altura en la producción de microgreens de lechuga, fréjol mungo y cebolla puerro. En parámetros productivos se evaluó: rendimiento biológico, producción de biomasa. Adicionalmente se evaluaron parámetros fisiológicos como: la producción de clorofila, y ácido indolacético. Y finalmente se evaluó el contenido de zinc en microgreens de lechuga, fréjol mungo y cebolla puerro como parámetro nutricional.

## Porcentaje de germinación

Se evaluó el porcentaje de germinación de lechuga y fréjol mungo a los tres días después de haber instalado el ensayo. Para el cálculo del porcentaje de germinación se utilizó la siguiente fórmula obtenida del trabajo de Intriago (2021).

$$\text{Porcentaje de germinación (\%)} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Semillas totales}} * 100$$

## Tiempo de emergencia

Para la evaluación del tiempo de emergencia en lechuga y fréjol mungo se utilizó la fórmula descrita en el trabajo de López (2023).

$$TE = \frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas}}{\text{Periodo de germinación}}$$

Donde:

TE=Número de semillas germinadas por día.

### **Largo de las raíces**

Para la medición del largo de la raíz de los microgreens se utilizó una regla de 30 cm, para lo cual se tomó la medida desde final del tallo hasta el final de la radícula, con un total de 10 plantas por tratamiento.

### **Altura de la planta**

La altura de las plantas se midió por tratamiento después de que brotaran sus hojas verdaderas, la altura se tomó desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja.

### **Rendimiento Biológico**

Para el rendimiento biológico se usaron 100 semillas de fréjol mungo, 200 semillas de lechuga y de cebolla puerro por unidad experimental, utilizando el cálculo descrito en el trabajo de López (2023) del cual se extrajo la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Rendimiento biológico} = \left( \frac{Fw}{M} \right) * 100$$

Donde:

Fw= Peso fresco total de la semilla.

M = Peso de las semillas utilizadas tanto para el tratamiento y repetición, al momento de la cosecha.

### **Producción de materia seca**

La materia seca se evaluó una vez terminado el ensayo, para lo cual se lavaron y secaron las plantas para colocarlas en bolsas de papel, se pesaron por cada tratamiento y se llevaron al horno con una temperatura 60 °C por 24 horas para ser pesadas posteriormente en gramos.

## Figura 2

### Peso de materia seca de microgreens



*Nota.* a. Peso seco de microgreens de fréjol mungo; b. Peso seco de microgreens de cebolla puerro; c. Peso seco de microgreens lechuga. Autoría propia.

## Clorofila

Para la obtención de la clorofila se utilizó la técnica descrita en el trabajo de Salvatierra (2022) donde se usó 0,25 gramos de hojas, posteriormente se procedió a macerar en un mortero adicionando 5 ml de solución de etanol al 95 %, después se debe colocar la muestra en un tubo para centrifuga y cubrirlo con papel aluminio y centrifugar a 2000 rpm por 10 minutos, se debe separar el sobrenadante que contiene los pigmentos y ajustar cada tubo a 6,5 ml con etanol al 95%. Se mide en un espectrofotómetro a longitudes de onda de 649 y 664 nm.

Para el cálculo de la clorofila se utilizó la siguiente fórmula descrita en el trabajo de Rico (2021).

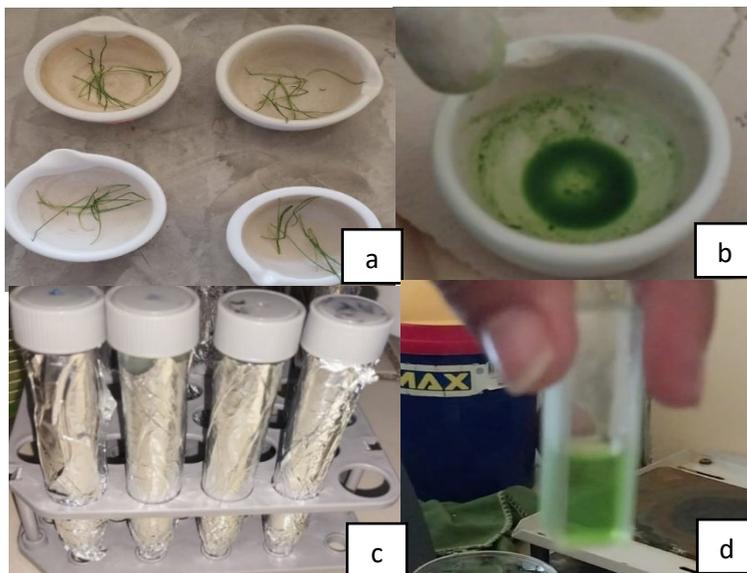
$$Ch - a = 13,36_{664}^a - 5,19_{649}^a$$

$$Ch - b = 27,43_{649}^a - 8,12_{664}^a$$

$$\text{Clorofila total} = \text{clorofila a} - \text{clorofila b}$$

### Figura 3

Proceso para la obtención de clorofila



*Nota.* a. Morteros con hojas de cebolla puerro; b. Maceración de los microgreens; c. Tubos con alcohol etílico al 96 % d. Clorofila obtenida. Autoría propia.

### Concentración de Ácido Indol acético

Para la preparación del reactivo utilizado para la obtención de, ácido indolacético se utilizó 0,5M de  $\text{FeCl}_2$ , con 49 ml de agua y 49 ml de ácido perclórico.

Para la obtención de ácido indol acético (AIA) se utilizó la técnica descrita en el trabajo de Intriago (2021), para lo cual se analizaron 1g de radículas de los microgreens de fréjol mungo, lechuga y cebolla puerro por tratamiento, en un cuarto oscuro con el fin de evitar la degradación del AIA. Después fueron colocados en tubos de ensayo con 80 % de acetona, a una temperatura de  $-4\text{ }^\circ\text{C}$  por 24 horas.

Pasado las 24 horas se saca de refrigeración, se preparó un embudo y con ayuda de un papel filtro, se transfirió cada muestra a un tubo de ensayo con 2,5 – 3 ml de reactivo de Salkowski y se

centrifugo a 500 RPM por cinco minutos se procedió a aforar a 6,25 ml con acetona al 80 %. Una vez lista la solución se toma la muestra para el análisis de lectura para lo que se utilizó el espectrofotómetro a 549 nm.

Para calcular la cantidad de Ácido indolacético en  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  se utilizó la siguiente ecuación:

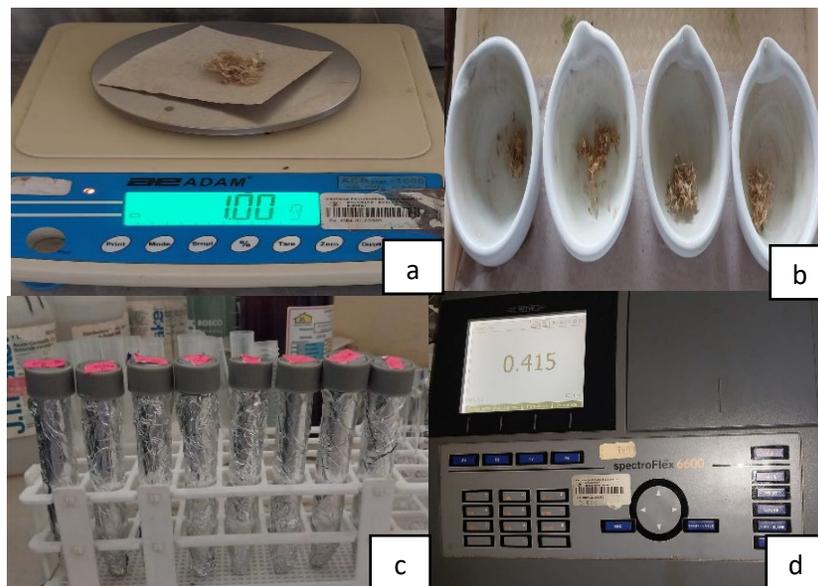
$$\text{Concentración de AIA}(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}) = \left( \frac{Y - 0,002}{0,009} \right)$$

Donde:

Y=Concentración de zinc obtenido por la absorbancia.

#### Figura 4

*Proceso para la obtención del ácido indolacético*



*Nota.* a. Peso de las raíces; b. Maceración de las raíces en el mortero; c. Muestras de raíces con acetona (80%); d. Toma de datos. Autoría propia.

#### Contenido de zinc

Para la obtención del contenido de zinc se utilizó el proceso descrito en el trabajo de López ( 2023) ,para lo cual se utilizaron 100 semillas de fréjol mungo y 200 semillas de lechuga y cebolla puerro

por unidad experimental, se realizó el secado y en un molino ultracentrífuga Zn 200 Retsch se molieron las muestras, después se calcinaron en una mufla a 500 °C por un tiempo de 4 minutos en crisoles de porcelana, posterior a esto se agregaron 10 ml de ácido clorhídrico (HCL) y 2 ml de agua desionizada para llevarlo a una estufa hasta la ebullición. Luego se dejó enfriar, para la filtración se realizó con ayuda de un papel filtro en balones de 50 ml, el cual se aforó con agua destilada, se procedió a agitar por 10 segundos y se procedió a tomar una alícuota mayor a 7 ml de filtrado de la muestra en tubos de ensayo de 15 ml para medir el contenido de Zinc mediante espectrometría de absorción atómica. Se realizó la calibración y a la lectura de la concentración de 213,9 nm. Para calcular la concentración de zinc se utilizó la fórmula obtenida del trabajo de titulación de Intriago (2021).

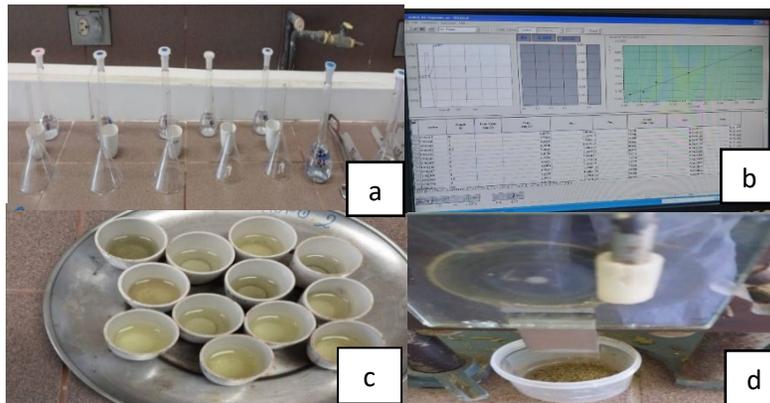
$$\text{Contenido de zinc} \left( \frac{\text{mg}}{\text{Kg}} \right) = \frac{(a - b)(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}) * \text{volumen}(\text{ml})}{\text{peso}(\text{g})}$$

a=mg/L de zinc en el filtrado de la muestra

b=mg/L promedio de zinc en los filtrados de los blancos

### Figura 5

*Proceso para la obtención del contenido de zinc*



*Nota.* a. Materiales utilizados; b. Molida de los microgreens secos  
c. Muestras calcinadas con ácido clorhídrico; d. Resultados.  
Autoría propia.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Resultados y discusión

##### Porcentaje de germinación y tiempo de emergencia

Los porcentajes de germinación promedio de las semillas de lechuga no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $F_{3,28}=0,22$ ;  $P=0,8826$ ). Al igual que las semillas de cebolla puerro no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ( $F_{3,28}=0,003$ ;  $P=0,9998$ ). Del mismo modo las semillas de fréjol mungo no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $F_{3,28}=0,09$ ;  $P=0,9675$ ).

El tiempo de emergencia medido en horas en lechuga presentaron diferencias significativas para las diferentes dosis de zinc ( $F_{3,12}=9,00$ ;  $P=0,0021$ ). El mayor número de semillas germinadas de lechuga que presentaron un menor tiempo de emergencia fueron tratadas con una dosis de 25  $\mu\text{M}$  de Zn. Por el contrario, en la cebolla puerro no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $F_{3,12}=1,57$ ;  $P=0,2476$ ). De la misma manera en fréjol mungo no presento diferencias significativas entre tratamientos ( $F_{3,12}=0,77$ ;  $P=0,5330$ ). En la Tabla 2 se muestra el tiempo de emergencia de microgreens.

**Tabla 2**

*Promedio  $\pm$  D.E del tiempo de emergencia de las semillas de fréjol mungo, cebolla puerro y lechuga expuestas a diferentes dosis de zinc*

Dosis $\mu\text{M}$	Tiempo de emergencia (Horas)		
	Lechuga	Cebolla Puerro	Fréjol Mungo
0	168,00 $\pm$ 0,00 a	174,00 $\pm$ 12,00 a	168,00 $\pm$ 0,00 a
25	150,00 $\pm$ 12,00 b	150,00 $\pm$ 13,86 a	162,00 $\pm$ 12,00 a
50	168,00 $\pm$ 0,00 a	168,00 $\pm$ 0,00 a	156,00 $\pm$ 24,00 a
100	168,00 $\pm$ 0,00 a	168,00 $\pm$ 0,00 a	150,00 $\pm$ 22,00 a

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes entre los tratamientos ( $p > 0,005$ ) con la prueba de comparación de medias Tukey. Autoría propia.

En los resultados del ensayo se obtuvo que el porcentaje de germinación con las distintas dosis de zinc (0, 25,50 ,100  $\mu\text{M}$  Zn) en fréjol mungo, cebolla puerro y lechuga no presentaron diferencias significativas entre los cuatro tratamientos de cada especie, estos resultados no concuerdan con la información obtenida por Intriago (2021) donde asegura que el Zn es un elemento que está involucrado en diversos procesos metabólicos y reacciones enzimáticas, y estas propiedades permiten que las semillas tratadas con zinc aumentan la velocidad y tiempo de germinación .

Con relación al tiempo de emergencia se obtuvo que en el caso de la lechuga presentaron diferencias significativas entre las dosis de zinc suministradas. Las semillas de lechuga tratadas con una dosis de 25  $\mu\text{M}$  de Zn presentaron un menor tiempo de emergencia con mayor número de semillas germinadas. Al contrario de las semillas de cebolla puerro y fréjol mungo que con el uso de sulfato de zinc en soluciones de hasta 100  $\mu\text{M}$  no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de cada especie. Lo que indica que la dosis de 25  $\mu\text{M}$  de Zn en lechuga ayuda en la emergencia de las semillas en un menor tiempo.

### **Velocidad de germinación**

La velocidad de germinación medida en horas en la especie de lechuga no presentó diferencias significativas entre las diferentes dosis de zinc ( $F_{3,12}=3,00$ ;  $P=0,0728$ ). De la misma manera en cebolla puerro no se encontraron diferencias significativas entre los 4 tratamientos ( $F_{3,12}=3,00$ ;  $P=0,0728$ ). De igual modo que en la velocidad de germinación de fréjol mungo no mostraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos ( $F_{3,12}=0,44$ ;  $P=0,07294$ ). En la Tabla 3 se muestra la velocidad de germinación de microgreens.

**Tabla 3**

*Promedio ± D.E de la velocidad de germinación de las semillas en fréjol mungo, cebolla puerro y lechuga expuestas a diferentes dosis de zinc*

Dosis $\mu\text{M}$	Velocidad de germinación (Horas)		
	Lechuga	Cebolla Puerro	Fréjol Mungo
0	0,60 ± 0,00	0,58 ± 0,04	0,62 ± 0,11
25	0,65 ± 0,05	0,60 ± 0,00	0,62 ± 0,12
50	0,60 ± 0,00	0,60 ± 0,00	0,66 ± 0,05
100	0,60 ± 0,00	0,58 ± 0,04	0,68 ± 0,05

*Nota.* Prueba de comparación de medias Tukey ( $p > 0,005$ ). Autoría propia.

En referencia a la velocidad de germinación medida en horas se obtuvo que, en las especies de lechuga, cebolla puerro y fréjol mungo no presentaron diferencias significativas entre las diferentes dosis de zinc (0, 25,50 ,100  $\mu\text{M}$  Zn), estos resultados no coinciden con lo mencionado por Intriago (2021) donde asegura que el Zn es un elemento que está involucrado en diversos procesos metabólicos y reacciones enzimáticas, y estas propiedades permiten que las semillas tratadas con zinc aumentan la velocidad de germinación .

#### **Largo de las raíces**

El largo promedio de las raíces de los microgreens de lechuga presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $F_{3,36}=4,12$ ;  $P=0,0130$ ). De la misma manera el largo de las raíces de los microgreens de fréjol mungo presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $F_{3,36}=4,37$ ;  $P=0,0100$ ). El largo promedio de las raíces fue mayor en los microgreens de lechuga y fréjol mungo expuestos a una dosis del 25  $\mu\text{M}$  de zinc en comparación a los otros tratamientos. Por el contrario, el largo de las raíces de los microgreens de la cebolla puerro no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $F_{3,36}=2,49$ ;  $P=0,0756$ ). En la Tabla 4 se muestra el promedio del largo de las raíces de los microgreens.

**Tabla 4**

*Promedio ± D.E del largo de las raíces en fréjol mungo, cebolla puerro y lechuga expuestas a diferentes dosis de zinc*

Largo de las raíces				
Dosis $\mu\text{M}$	Lechuga	Cebolla Puerro	Fréjol Mungo	
0	3,15 ± 1,30 ab	3,31 ± 0,75 a	12,48 ± 1,43 ab	
25	4,06 ± 1,03 a	3,47 ± 0,75 a	12,84 ± 1,02 a	
50	3,13 ± 0,60 ab	3,60 ± 0,64 a	10,97 ± 1,98 b	
100	2,64 ± 0,54 b	4,18 ± 0,87 a	10,98 ± 1,36 b	

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes entre los tratamientos ( $p > 0,005$ ) con la prueba de comparación de medias Tukey. Autoría propia.

El largo promedio de las raíces fue mayor en los microgreens de lechuga y fréjol mungo expuestos a una dosis del 25  $\mu\text{M}$  de zinc en comparación a los otros tratamientos de cada especie. Por el contrario, el largo de las raíces de los microgreens de la cebolla puerro no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, lo que concuerda con lo mencionado en el estudio de Rengel *et al.* (2011) donde los tratamientos de semillas con Teprosyn Zn<sup>®</sup> promovió la emergencia, el crecimiento de las raíces, el peso seco y la producción de materia seca (MS) en plantas, favoreciendo el establecimiento del cultivo.

#### **Altura de los microgreens**

En la tabla 5 se muestra el promedio de la altura de los microgreens, en donde la altura de los microgreens de lechuga presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $F_{3,36}=6,45$ ;  $P=0,0013$ ). De la misma manera la altura promedio de los microgreens de fréjol mungo presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $F_{3,36}=4,05$ ;  $P=0,0140$ ). La altura promedio fue mayor en los microgreens de lechuga a una dosis de 25  $\mu\text{M}$  de zinc y en fréjol mungo a una dosis de 0  $\mu\text{M}$  de zinc. Por el contrario, la altura de los microgreens de cebolla puerro no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $F_{3,36}=0,87$ ;  $P=0,4649$ ).

**Tabla 5**

Promedio  $\pm$  D.E de la altura de microgreens de fréjol mungo, cebolla puerro y lechuga expuestas a diferentes dosis de zinc

Dosis $\mu$ M	Altura de los microgreens		
	Lechuga	Cebolla Puerro	Fréjol Mungo
0	8,92 $\pm$ 0,49 ab	8,86 $\pm$ 0,47 a	12,64 $\pm$ 0,78 a
25	9,24 $\pm$ 1,14 a	8,58 $\pm$ 0,45 a	11,78 $\pm$ 0,83 b
50	8,56 $\pm$ 0,57 ab	8,89 $\pm$ 0,42 a	11,71 $\pm$ 0,95 b
100	7,88 $\pm$ 0,49 b	8,82 $\pm$ 0,56 a	11,46 $\pm$ 0,64 b

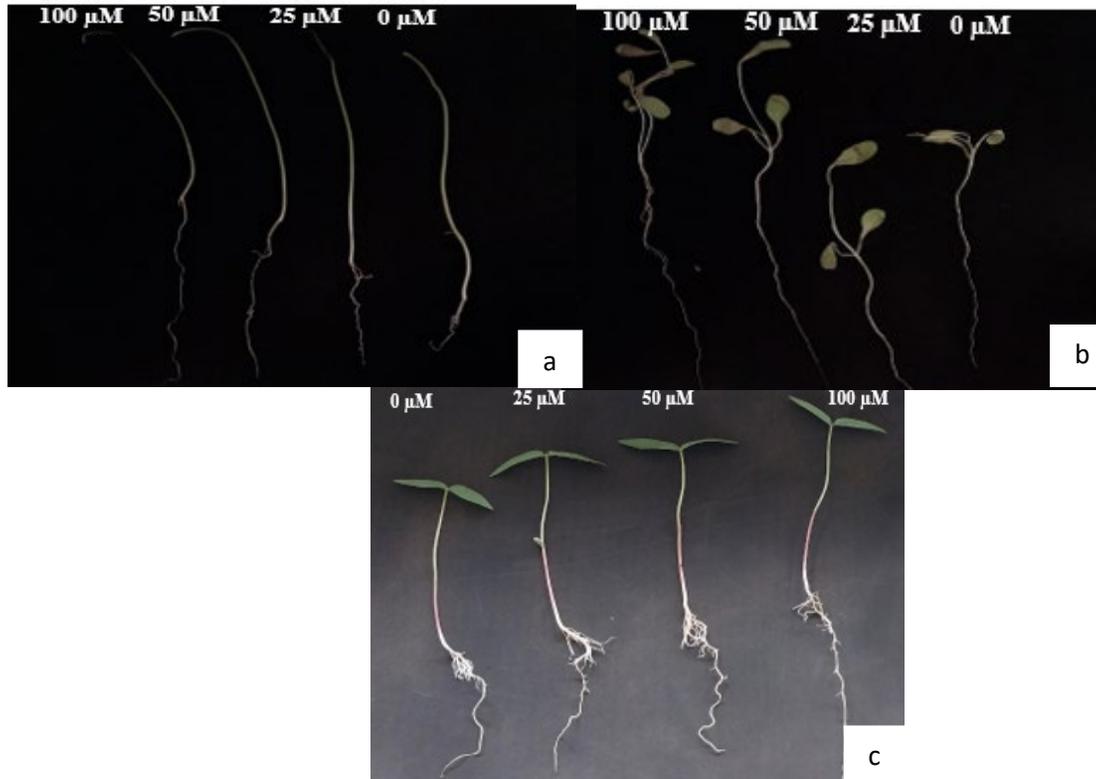
*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes entre los tratamientos ( $p > 0,005$ ) con la prueba de comparación de medias Tukey. Autoría propia.

La altura promedio fue mayor en los microgreens de lechuga a una dosis del 25  $\mu$ M de zinc en comparación a los otros tratamientos. En el caso de fréjol mungo se determinó que existe una mayor altura de los microgreens a una dosis de 0  $\mu$ M de zinc. Por el contrario, el largo de las raíces de los microgreens de la cebolla puerro no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, información que concuerda con lo descrito en el estudio de Rengel *et al.* (2011) donde los tratamientos de semillas con Teprosyn Zn<sup>®</sup> promovió el crecimiento de las plantas enteras, favoreciendo el establecimiento del cultivo.

La figura 6 muestra el largo de las raíces de los microgreens en diferentes dosis de zinc en las especies de fréjol mungo (*Vigna radiata*), cebolla puerro (*Allium ampeloprasum*) y lechuga (*Lactuca sativa*)

## Figura 6

Fotografías del largo de las raíces de los microgreens en diferentes dosis de zinc en las especies de fréjol mungo (*Vigna radiata*), cebolla puerro (*Allium ampeloprasum*) y lechuga (*Lactuca sativa*).



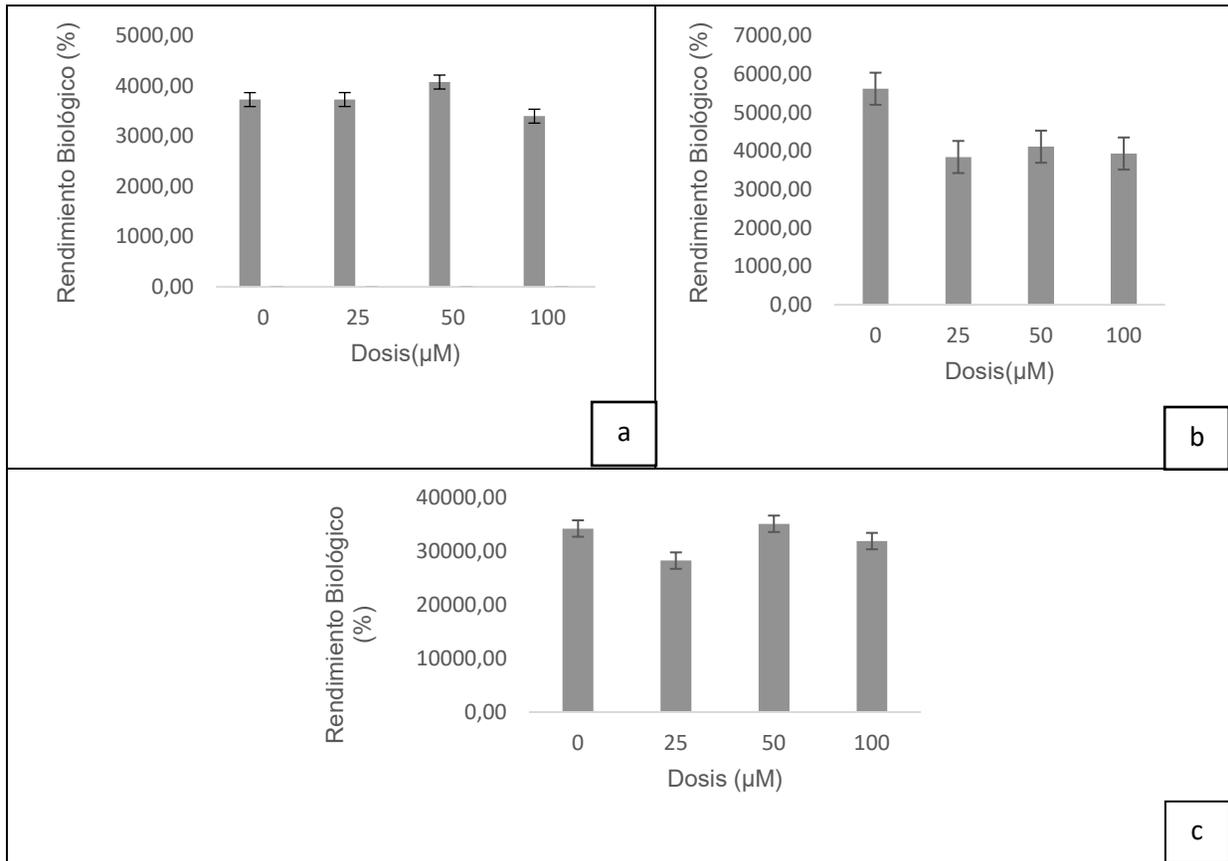
Nota. a: Altura de la cebolla; b: Altura de la lechuga c: Altura del fréjol mungo. Autoría propia.

## Rendimiento Biológico

El fréjol mungo y la lechuga presentaron un mayor rendimiento biológico en el tratamiento T3 con las semillas tratadas a una dosis de 50 μM con respecto a los otros tratamientos. Mientras que la cebolla puerro presentó un mayor rendimiento en el tratamiento T1 expuesta a 0 μM a diferencia de los otros tratamientos. Ver Figura 7.

**Figura 7**

*Rendimiento biológico del fréjol mungo (Vigna radiata), cebolla puerro (Allium ampeloprasum) y lechuga (Lactuca sativa) bajo el efecto de cuatro dosis de Zinc*



*Nota.* a: Rendimiento biológico del fréjol mungo por tratamiento; b: Rendimiento biológico de la cebolla puerro por tratamiento; c: Rendimiento biológico de la lechuga. Autoría propia.

Salvatierra (2022) en su trabajo “Efecto de diferentes concentraciones de zinc sobre parámetros de crecimiento en germinados de alfalfa (*Medicago sativa*) y su potencial fortificación para consumo humano” expone en sus resultados que el rendimiento biológico de los germinados de alfalfa en el que se probó niveles de 0 a 20  $\mu\text{g. ml}^{-1}$  de zinc con diferentes semillas, no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, de acuerdo a la figura 8 los datos no coinciden con los obtenidos en el ensayo donde el fréjol mungo y la lechuga presentaron un mayor rendimiento biológico en el tratamiento T3 con semillas tratadas a una dosis de 50  $\mu\text{M}$  con respecto a los otros tratamientos de cada especie. Mientras que la

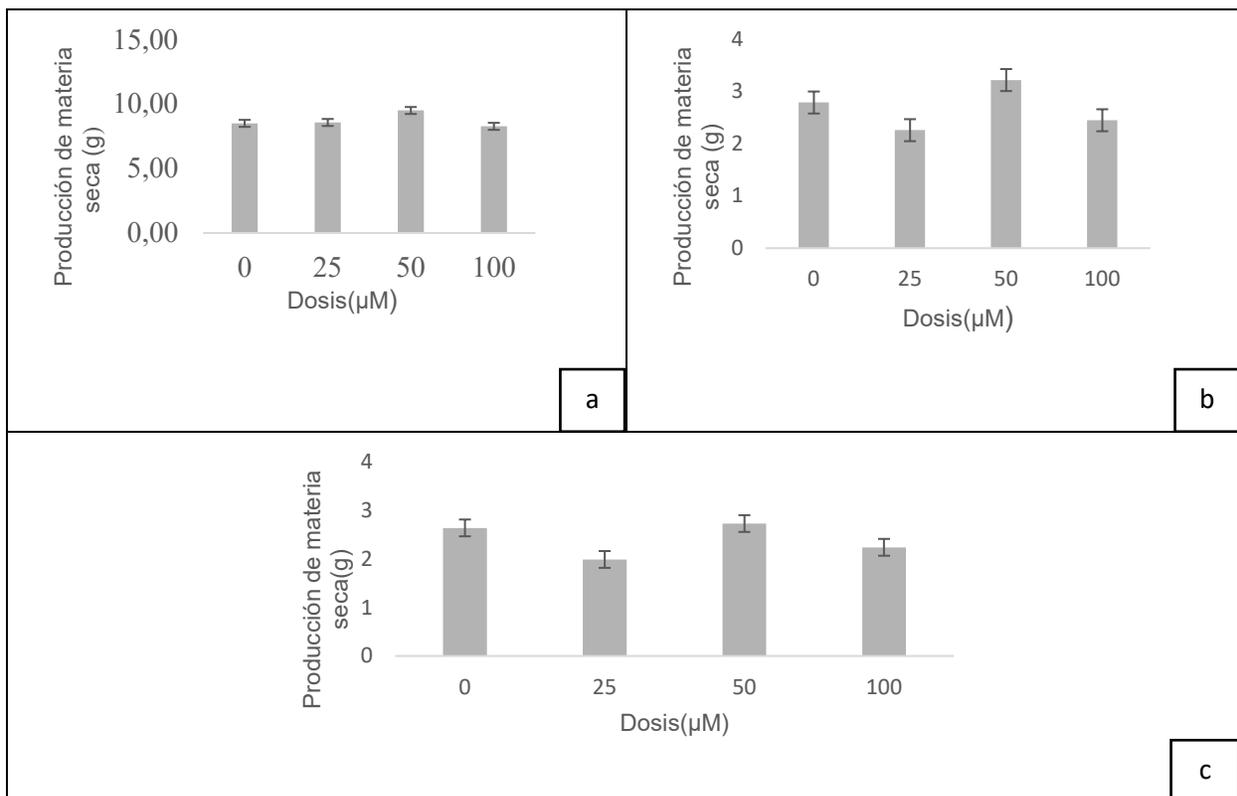
cebolla puerro presentaron un mayor rendimiento en el tratamiento T1 expuesta a 0  $\mu\text{M}$  a diferencia de los otros tratamientos, las semillas expuestas a una dosis de 100  $\mu\text{M}$  presentan un menor rendimiento en las tres variedades.

### Producción de materia seca

Los microgreens de fréjol mungo, cebolla puerro y lechuga que presentaron una mayor cantidad de materia seca fue el tratamiento (T3) expuesto a una dosis de 50  $\mu\text{M}$  con respecto a los otros tratamientos. Ver figura 8.

### Figura 8

*Producción de materia seca en fréjol mungo (Vigna radiata), cebolla puerro (Allium ampeloprasum) y lechuga (Lactuca sativa) bajo el efecto de cuatro dosis de Zinc*



*Nota.* a. Peso de materia seca de los microgreens de fréjol mungo por tratamiento; b. Peso de materia seca de los microgreens de cebolla puerro por tratamiento; c. Peso de materia seca de los microgreens de lechuga por tratamiento. Autoría propia.

En el caso de la producción de materia seca los microgreens de fréjol mungo, cebolla puerro y lechuga que presentaron una mayor cantidad de materia seca fue el tratamiento (T3) expuesto a una dosis de 50  $\mu\text{M}$ , resultados que concuerdan con lo mencionado en el estudio de Rengel *et al.* (2011) donde los tratamientos de semillas con Teprosyn Zn<sup>®</sup> promovió la producción de materia seca (MS) en plantas enteras, favoreciendo el establecimiento del cultivo.

### **Producción de clorofila**

Los microgreens de fréjol mungo presentaron una mayor producción de clorofila a (Ch-a) en plantas expuestas al tratamiento T4 a una dosis de 100  $\mu\text{M}$  a comparación de los otros tratamientos. Por otra parte, la mayor producción de clorofila total (Ch-t) se presentó en microgreens expuestos al tratamiento T2 (25  $\mu\text{M}$ ) en comparación a los otros tratamientos.

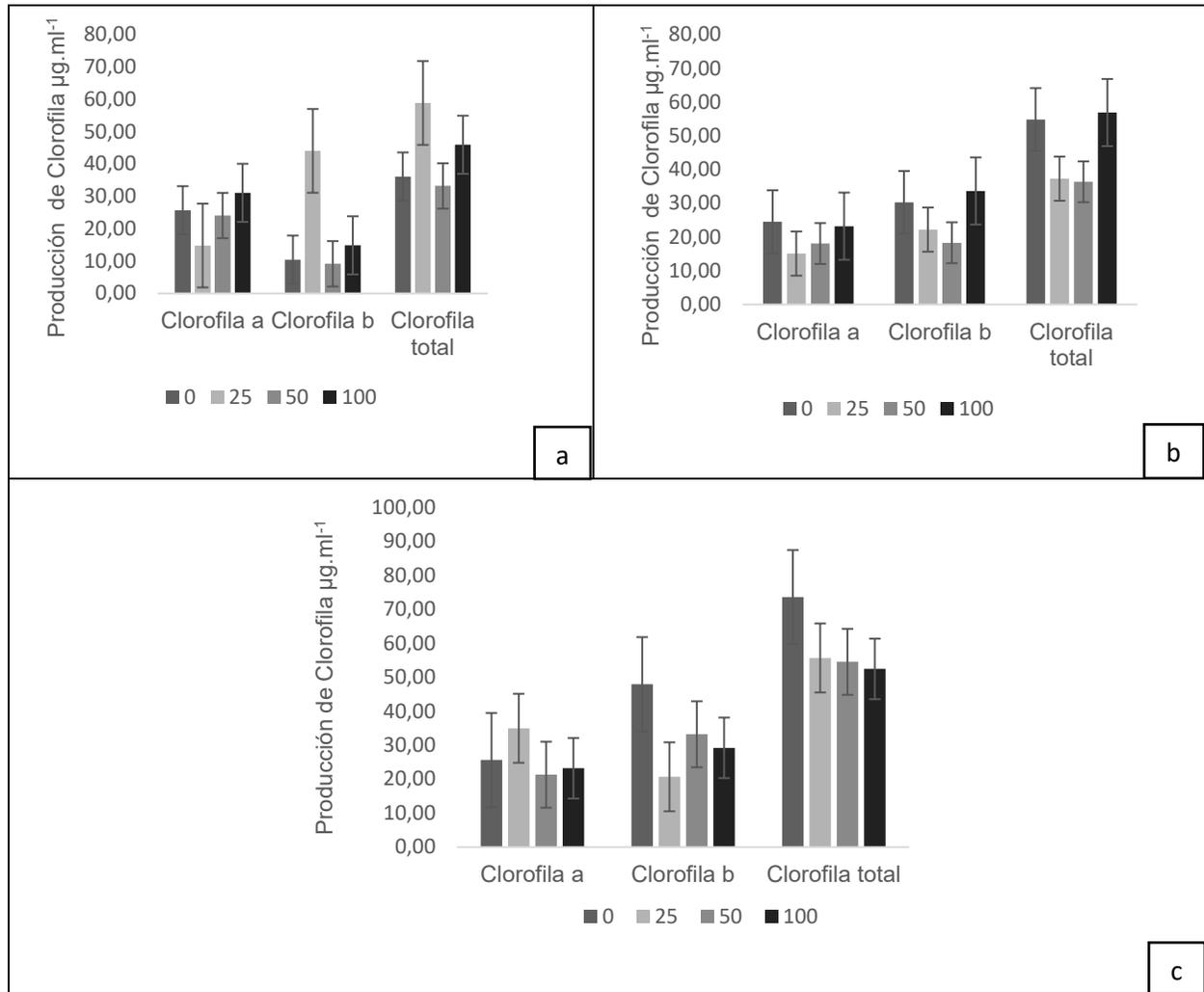
Los microgreens de cebolla puerro que presentaron una mayor producción de clorofila a (Ch-a) en plantas expuestas al tratamiento T1 a una dosis de 0  $\mu\text{M}$  y el tratamiento T4 a 100  $\mu\text{M}$  en comparación de los otros tratamientos. Por otro lado, la mayor producción de clorofila b (Ch-b) y clorofila total (Ch-t) se presentó en microgreens expuestos al tratamiento T4 a una dosis de 100  $\mu\text{M}$  en comparación a los otros tratamientos.

Los microgreens de lechuga que presentaron una mayor producción de clorofila a (Ch-a) en plantas expuestas al tratamiento T2 a una dosis de 25  $\mu\text{M}$  y el tratamiento T4(100  $\mu\text{M}$ ) a comparación de los otros tratamientos. Por otro lado, la mayor producción de clorofila b (Ch-b) y clorofila total (Ch-t) se presentó en microgreens expuestos al tratamiento T1 a 0  $\mu\text{M}$  en comparación a los otros tratamientos.

La figura 9 muestra la producción de clorofila en los microgreens de fréjol mungo (*Vigna radiata*), cebolla puerro (*Allium ampeloprasum*) y lechuga (*Lactuca sativa*) bajo el efecto de cuatro dosis de Zinc

**Figura 9**

*Producción de clorofila en los microgreens de fréjol mungo (Vigna radiata), cebolla puerro ( Allium ampeloprasum ) y lechuga ( Lactuca sativa) bajo el efecto de cuatro dosis de Zinc*



*Nota.* a. Producción de clorofila en el fréjol mungo por tratamiento; b. Producción de clorofila en la cebolla puerro por tratamiento; c. Producción de clorofila en la lechuga por tratamiento. Autoría propia.

Los microgreens que tuvieron una mayor producción de clorofila total (Ch-t) fue el fréjol mungo que fueron expuestos al tratamiento T2 (25 µM) en comparación a los otros tratamientos. En el caso de los microgreens de cebolla puerro presentaron una mayor producción de clorofila total (Ch-t) a una dosis de 100 µM en comparación a los otros tratamientos. Mientras que en los microgreens de lechuga

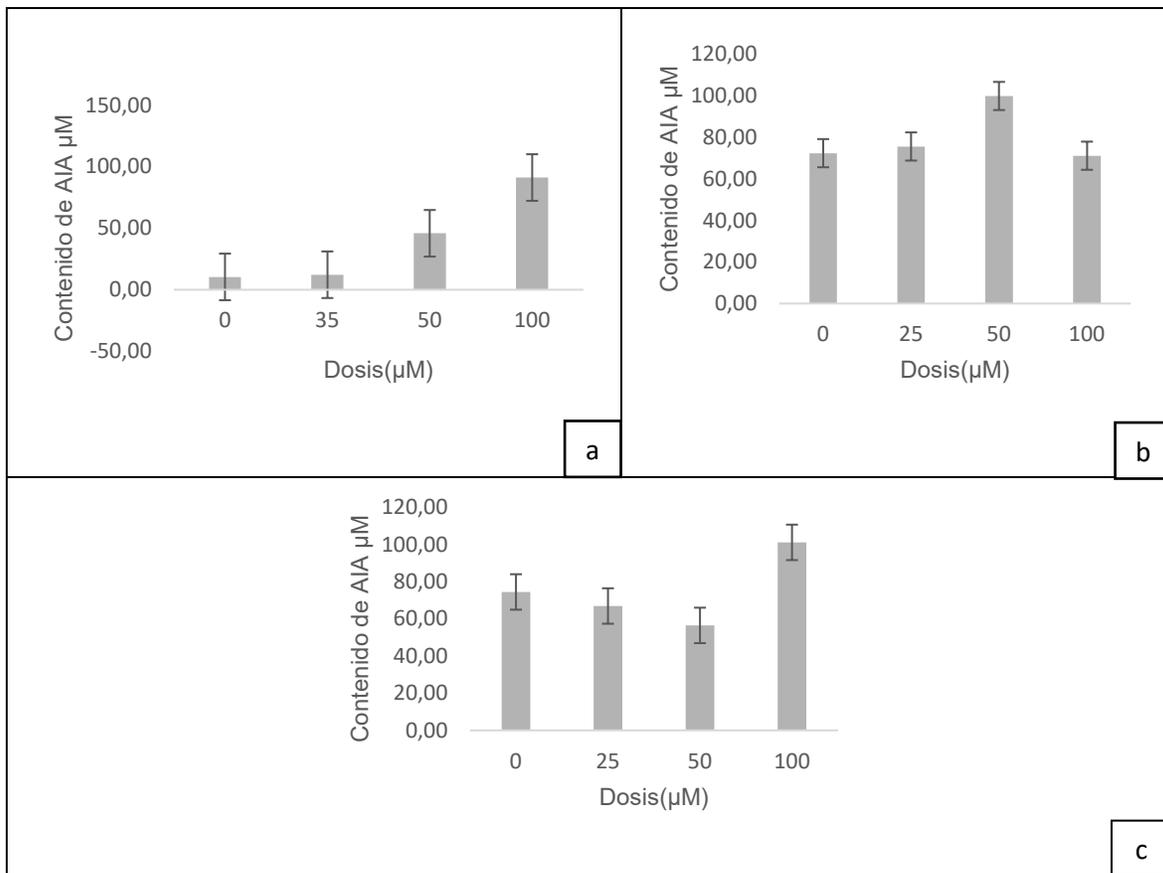
presentaron una mayor producción de clorofila total (Ch-t) en el I tratamiento T1 a 0  $\mu\text{M}$  en comparación a los otros tratamientos. Lo que demuestra que el zinc es más tóxico para la especie de cebolla puerro que reduce la producción de clorofila en los microgreens expuestos a diferentes dosis de zinc, datos que no concuerdan con los obtenidos de Casierra-Posada y Poveda (2005) en su ensayo “La toxicidad por exceso de Mn y Zn disminuye la producción de materia seca, los pigmentos foliares y la calidad del fruto en fresa (*Fragaria sp. cv. Camarosa*)” donde menciona que el contenido total en hojas de clorofilas a y b, así como de carotenos, se vio fuertemente afectado por el exceso de metales en el sustrato. En donde observaron que en las plantas que están expuestas a un exceso de Zn su contenido de pigmentos va a ser menor que en las expuestas a Mn.

#### **Contenido de ácido indolacético (AIA)**

Los microgreens de fréjol mungo y lechuga presentaron una mayor concentración de ácido indolacético con el tratamiento T4 a una dosis de 100  $\mu\text{M}$  con respecto a los otros tratamientos. Mientras que la cebolla puerro en el tratamiento 3 expuesta a 50  $\mu\text{M}$  de zinc mostraron un mayor contenido de ácido indolacético. En la figura 10 se muestra el contenido de ácido indolacético en los microgreens de fréjol mungo (*Vigna radiata*), cebolla puerro (*Allium ampeloprasum*) y lechuga (*Lactuca sativa*) bajo el efecto de cuatro dosis de Zinc.

**Figura 10**

Contenido de ácido indolacético en los microgreens de fréjol mungo (*Vigna radiata*), cebolla puerro (*Allium ampeloprasum*) y lechuga (*Lactuca sativa*) bajo el efecto de cuatro dosis de Zinc



Nota. a. Contenido de ácido indolacético en fréjol mungo por tratamiento; b. Contenido de ácido indolacético en cebolla puerro por tratamiento; c. Contenido de ácido indolacético en lechuga por tratamiento. Autoría propia.

Los microgreens de fréjol mungo y lechuga presentaron una mayor concentración de ácido indolacético con el tratamiento T4 a una dosis de 100  $\mu\text{M}$  con respecto a los otros tratamientos. Mientras que la cebolla puerro que fue expuesta al tratamiento 3 a una dosis de 50  $\mu\text{M}$  mostraron un mayor contenido de ácido indolacético, resultados que concuerda con lo obtenido por López (2023) quien en su

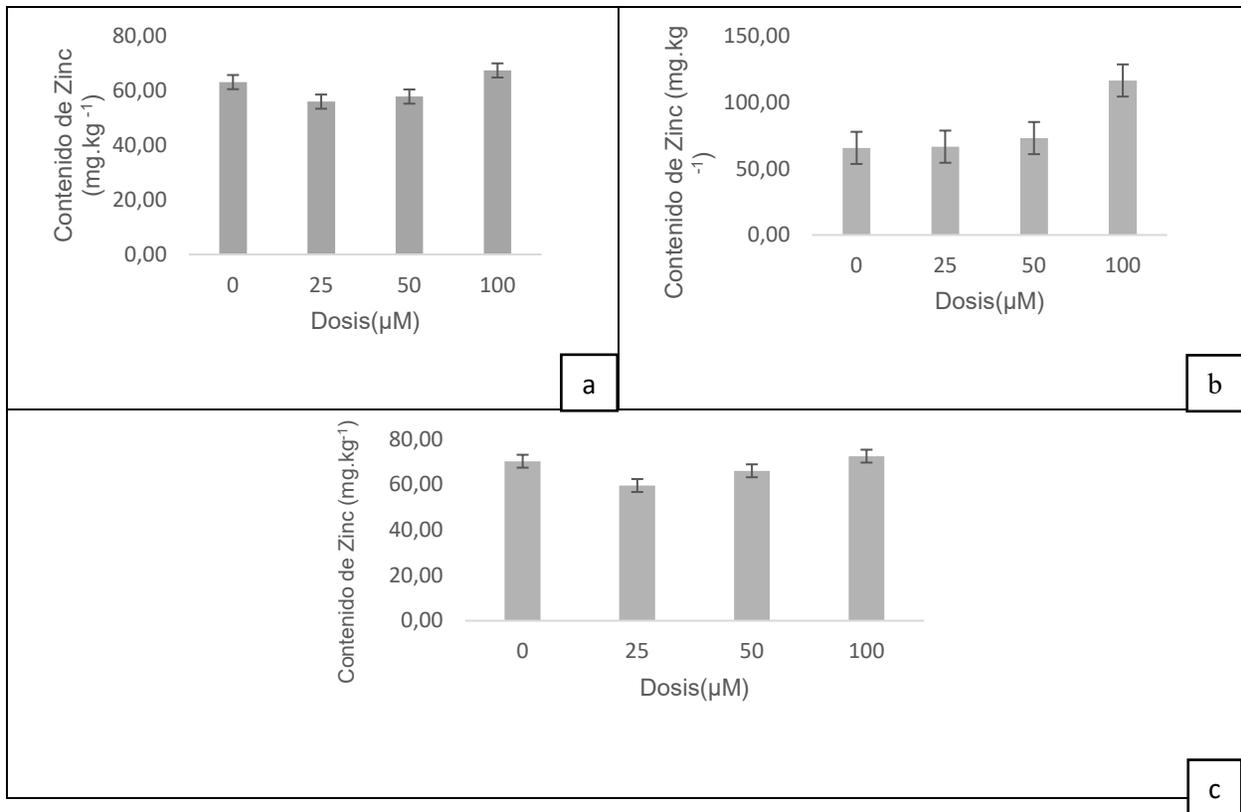
trabajo” Efecto de cinco niveles de zinc sobre los parámetros fisiológicos y de producción en germinados de *Lens culinaris*” encontró diferencias significativas del contenido de AIA en los cinco tratamientos.

### Contenido de Zinc

El fréjol mungo, la cebolla puerro y la lechuga presentaron una mayor concentración de zinc en el tratamiento T4 de las tres especies de microgreens a una dosis de 100  $\mu\text{M}$  con respecto a los otros tratamientos. En la figura 10 se muestra la *concentración de zinc en los microgreens de fréjol mungo (*Vigna radiata*), cebolla puerro (*Allium ampeloprasum*) y lechuga (*Lactuca sativa*) bajo el efecto de cuatro dosis.*

**Figura 11**

*Concentración de zinc en los microgreens de fréjol mungo (*Vigna radiata*), cebolla puerro (*Allium ampeloprasum*) y lechuga (*Lactuca sativa*) bajo el efecto de cuatro dosis*



*Nota.* a. Contenido de zinc en fréjol mungo por tratamiento; b. Contenido de zinc en la cebolla puerro por tratamiento; c. Contenido de zinc en la lechuga por tratamiento. Autoría propia.

El fréjol mungo, la cebolla puerro y la lechuga presentaron una mayor concentración de zinc en el tratamiento T4 de las tres especies de microgreens a una dosis de 100  $\mu\text{M}$  con respecto a los otros tratamientos, resultados que concuerdan con lo obtenido por López (2023) en su trabajo " Efecto de cinco niveles de zinc sobre los parámetros fisiológicos y de producción en germinados de *Lens culinaris*" donde obtuvo que el contenido de zinc en los germinados de lenteja no presentaron diferencias significativas entre los diferentes niveles de zinc.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

- La aplicación de zinc en semillas de lechuga, fréjol mungo y cebolla puerro no influyó significativamente sobre el porcentaje de germinación y el tiempo de emergencia de las especies evaluadas, a excepción de los microgreens de lechuga en los que se obtuvo menor tiempo de emergencia con la dosis de 25  $\mu\text{M}$  de zinc.
- Con relación a los parámetros agronómicos se determinó que existe una mayor altura de planta y mejor crecimiento de raíz con la aplicación de zinc de 25  $\mu\text{M}$  en microgreens de lechuga y fréjol mungo; no obstante, en microgreens de cebolla puerro no se encontraron diferencias significativas entre las diferentes dosis de zinc.
- La aplicación de diferentes dosis de Zinc provocó respuestas fisiológicas heterogéneas en los cultivos evaluados. En el caso de lechuga los valores más altos de clorofila se alcanzaron con la dosis 0  $\mu\text{M}$ , mientras que con la dosis de 100  $\mu\text{M}$  se registró mayor concentración de AIA. En fréjol mungo las mayores concentraciones de clorofila y AIA se obtuvieron con dosis 25  $\mu\text{M}$  y 100  $\mu\text{M}$ , respectivamente. En la cebolla puerro se determinó que las dosis de 100  $\mu\text{M}$  y 50  $\mu\text{M}$ , provocaron las mayores concentraciones de clorofila y ácido indolacético.
- Los parámetros productivos evaluados sugieren que la aplicación de zinc a una dosis de 50  $\mu\text{M}$  provoca un mayor rendimiento biológico y cantidad de materia seca en microgreens de fréjol mungo y lechuga; en el caso de cebolla puerro la aplicación de zinc no influyó sobre los parámetros evaluados.
- Los cultivos cosechados a partir de semillas de fréjol mungo, lechuga y cebolla puerro tratadas a una dosis de zinc de 100  $\mu\text{M}$  presentaron un mayor contenido nutricional de zinc en las tres especies de microgreens evaluadas.

## Recomendaciones

- Para mejorar el tiempo de emergencia de las semillas utilizadas para microgreens se recomienda probar concentraciones de zinc superiores a 100  $\mu\text{M}$  en fréjol mungo y cebolla puerro, mientras que en la lechuga para un menor tiempo de emergencia de las semillas se recomienda el uso de 25  $\mu\text{M}$  de Zn.
- Con la finalidad de obtener una mayor producción de materia seca de los microgreens de fréjol mungo, cebolla puerro y lechuga se recomienda utilizar una dosis de 50  $\mu\text{M}$ .
- Se recomienda utilizar una dosis del 25  $\mu\text{M}$  de zinc para obtener una mayor largo de raíz en los microgreens de lechuga y frejol mugo y en el caso de la cebolla puerro elevar la concentración de zinc mayores a 50  $\mu\text{M}$  para aumentar crecimiento y desarrollo.
- En fréjol mungo, cebolla puerro y lechuga se recomienda utilizar una dosis de 100  $\mu\text{M}$  para obtener una mayor concentración de zinc, el cual es necesario para la síntesis de carbohidratos durante la fotosíntesis y en la transformación de los azúcares en almidón en los microgreens.
- Para tener un mayor contenido ácido indolacético en fréjol mungo y lechuga se recomienda utilizar una dosis de 100  $\mu\text{M}$ , mientras que cebolla puerro es recomendable utilizar una dosis 50  $\mu\text{M}$ .
- Con la finalidad de obtener una mayor producción de clorofila total (Ch-t) en los microgreens de fréjol mungo se recomienda utilizar una dosis de 25  $\mu\text{M}$  de zinc, en el caso de la cebolla a una dosis de 100  $\mu\text{M}$ , mientras que en la lechuga es recomendable no utilizar zinc para evitar producir una toxicidad que reduzca la producción de clorofila en los microgreens.

## Bibliografía

- Almendros, P., Rico, I., López, L., y Álvarez, J. (2008). Deficiencia de zinc en los cultivos y correctores de carencia micronutriente. *Vida Rural*, 19(280), 12–16. <https://oa.upm.es/2472/>
- Arumugam, T., y Tamilselvi, N. (19 de septiembre de 2005). *Microgreens, un alimento multimineral y rico en nutrientes*. Dialnet. <http://www.bibliotecahorticultura.com>
- Cakmak, I., Rerkasem, B., y Yazici, A. (2012). Zinc priming promotes seed germination and seedling vigor of rice. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175(3), 482–488. <https://doi.org/10.1002/jpln.201100332>
- Casierra, F., y Poveda, J. (2005). La toxicidad por exceso de Mn y Zn disminuye la producción de materia seca, los pigmentos foliares y la calidad del fruto en fresa (*Fragaria* sp. cv. Camarosa). *Agronomía Colombiana*, 23(2), 283–289. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-99652005000200013](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652005000200013)
- Castagnino, A., Marina, J., Benvenuti, S., y Marín-Castro, M. (2020). Microgreens and sprouts, two innovative functional foods for a healthy diet in Km 0. *Horticultura Argentina*, 39(100), 55–84. <https://www.horticulturaar.com.ar/en/articles/microgreens-and-sprouts-two-innovative-functional-foods-for-a-healthy-diet-in-km-0.html>
- Flores, M., Guevara; María, Pardo, P., y Escalona, V. (2021). Micro-hortalizas: Un alimento del Futuro. *Redagícola*, 1(29), 36–38. <https://research.ebsco.com/c/oxzeuy/results?q=AN%20151164512&auth-callid=7ff48b3f-113b-912c-a85b-1858aa44423c>
- Galmarini, C. R. (7 de enero de 2005). La cebolla como alimento funcional. *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/publication/28207125\\_La\\_cebolla\\_como\\_alimento\\_funcional](https://www.researchgate.net/publication/28207125_La_cebolla_como_alimento_funcional)

- Intriago, L. (2021). *Efecto del tratamiento de semillas con zn sobre la germinación y vigor de plántulas de maíz dulce (zea mays l.) var. Bandit* [Trabajo de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/26766>
- Lemos, H., Guimarães, M., Silva, B., y Medeiros, S. (2018). Germinación y emergencia de lechuga a temperaturas elevadas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(3), 677–684.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2011-21732018000300677](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-21732018000300677)
- López, Y. (2023). *Efecto de cinco niveles de zinc sobre los parámetros fisiológicos y de producción en germinados de Lens culinaris* [Trabajo de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].  
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/36530/1/IASA%20I-TT-0062.pdf>
- Madriz, P., y Luciani, J. (2004). Caracterización agronómica de 20 cultivares de frijol mungo, *Vigna radiata* (L.) Wilczek, en tres épocas de siembra, en Maracay, estado Aragua, Venezuela. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 21(1), 19–35.  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182004000100003&lng=es&nrm=iso](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182004000100003&lng=es&nrm=iso)
- Madruga, L., Brião, M., Torales, J., Suárez, C., y Souza, E. (2015). Respuesta de plántulas de trigo (*Triticum aestivum* L.) al zinc aplicado en semillas. *Agrociencia*, 49(6), 623–636.  
<https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v49n6/v49n6a3.pdf>
- Malo, N., Mejía, M., y Vinuesa, B. (2015). *Situación de la desnutrición crónica en niños y niñas de los servicios de desarrollo infantil integral del Ecuador* [Archivo PDF]. <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2018/08/PIANE-2018-2025-final-compressed-.pdf>
- Martínez, L., Reyes, Y., Falcón, A., Nápoles, M., y Núñez, M. (2016). Efecto de productos bioactivos en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) biofertilizadas. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 165–171.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0258-59362016000300018&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362016000300018&lng=es&nrm=iso)

- Martínez, R. (2016). *Debaryoyces hansenii* como agente de control biológico y modulador del contenido de compuestos bioactivos en microgreens como plataforma alimentaria. [Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste,S.C.].  
<http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/540>
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2018). *Plan Intersectorial de Alimentación y Nutrición 2018-2025* [Archivo PDF]. <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2018/08/PIANE-2018-2025-final-compressed-.pdf>
- Nieto, L., Carrera, C., Montiel, C., Vela, M. D., Acosta, V., y Palma, M. (2020). Efectos del cultivo de puerro en su composición volátil derivados organosulfurados. *XLI Jornadas de Viticultura y Enología de La Tierra de Barros*, 349–365. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7617866.pdf>
- Nighat, B., Gilani, A. H., y Ahmad, S. (2000). Nutritional value of mung bean (*Vigna radiata*) as effected by cooking and supplementation. *Arch Latinoam Nutr*, 50(4), 374–379.  
<https://www.alanrevista.org/ediciones/2000/4/art-14/>
- Pacas, J. (2022). *Comparación de sustratos y densidades de siembra en microgreens de Brassica oleracea var. italica con aplicación de conejaza enriquecida* [Trabajo de titulación, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/28044>
- Peña, J. P. (2015). Efecto de la densidad de siembra y del aporque en la producción y calidad de la cebolla puerro (*Allium ampeloprasum* L. var. porrum J. Gay). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 18(1), 101–108.  
[http://www.scielo.org/co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262015000100012](http://www.scielo.org/co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262015000100012)
- Rengel, M., Gil, F., y Montañó, J. (2011). Efecto del tratamiento de semilla con zinc y ácido giberélico sobre la emergencia y el crecimiento inicial de las plantas de caña de azúcar. *Agronomía Tropical*, 61(1), 37–45. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-)

