



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**Efecto de cinco niveles de zinc sobre los parámetros fisiológicos y de producción en germinados de *Lens  
culinaris***

López Veloza, Yessica Yhoana

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal, Mgtr.

27 de Enero del 2023

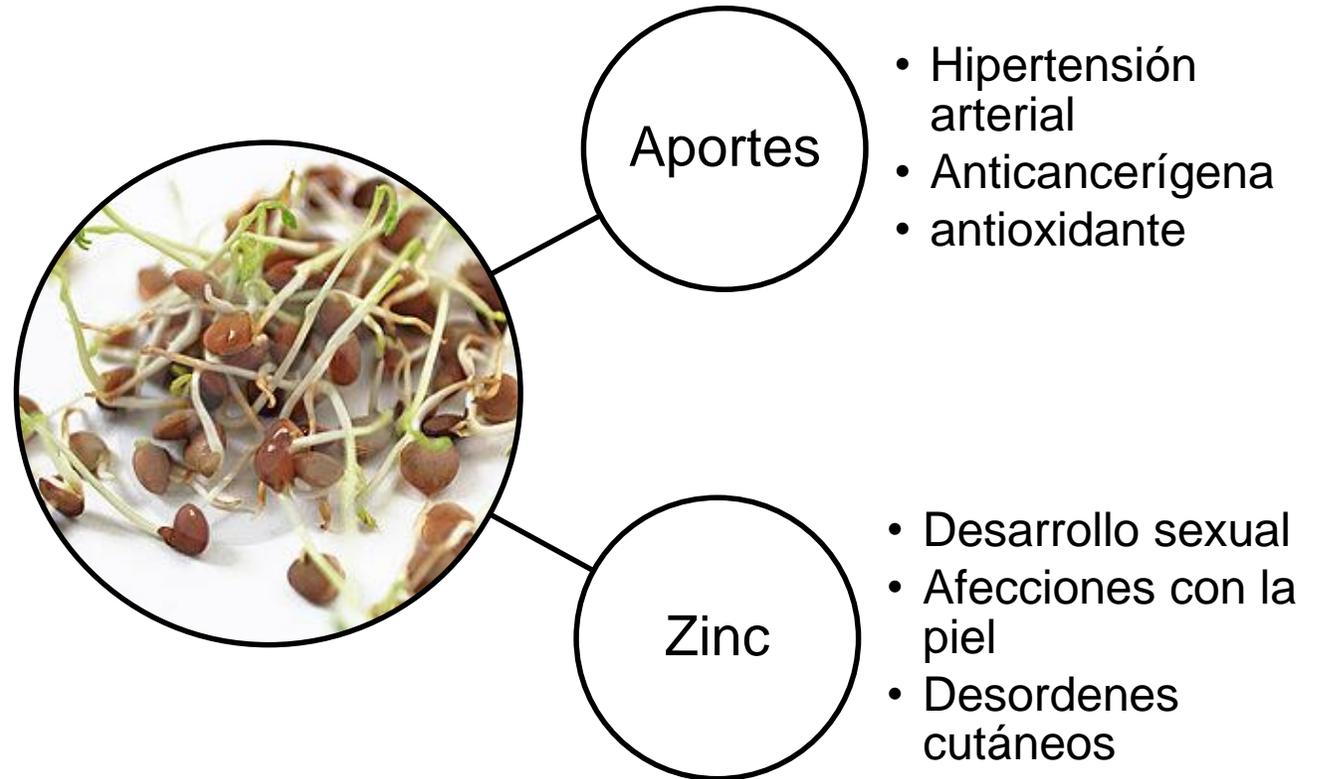
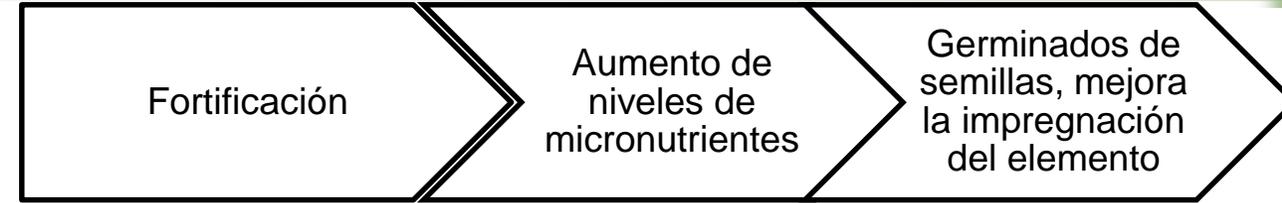


## INTRODUCCIÓN

**Zinc** Procesos celulares  
Metabolismos de hidratos carbono, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos

Deficiencias a nivel humano: carencias en crecimiento, baja de talla y problemas en mujeres embarazadas

Deficiencias tipo II y afecta en un 20% en la población humana



## Objetivos

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto de cinco niveles de zinc sobre los parámetros fisiológicos y de producción en germinados de lenteja (*Lens culinaris*)

### **Objetivos Específicos**

Evaluar el efecto de cinco concentraciones de zinc en los parámetros productivos en germinados de lenteja.

Determinar las variables fisiológicas en germinados de lenteja tratados con cuatro diferentes concentraciones.

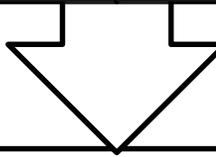


# REVISION DE LA LITERATURA

## Germinados

Proceso de reposo a crecimiento del embrión  
Condiciones idóneas

Etapa con mayor cantidad de componentes

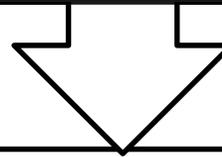


## Fases

Hidratación o remojo

Germinación

Cosecha



## Índice de germinación

ISTA: establecimiento de un estado fisiológicamente activo. Primera expresión es la emergencia de la radícula

Procesos son: inhibición de las asemilla seca

Inhibición de las semillas secas



Activación enzimática



Iniciación del crecimiento del embrión



Ruptura de la testa



Emergencia de la radícula



# Ácido Indol acético

Proviene del aminoácido L-triptófano

Controla la diferenciación de tejidos

Procesos de elongación y división celular.

Procesos de formación del xilema y la raíz

Para cuantificar se utiliza el método colorímetro de Salkowski



Producción de Germinados

- Semilla desde los 3 a 7 días desde que germino
- Bajo uso de semillas, listo para el consumo y fácil digestión

Uso de semillas

- Germinados opción para mejorar la alimentación humana
- Popular en países asiáticos, países subdesarrollados

# Ácido Indol acético

Proviene del aminoácido L-triptófano

Controla la diferenciación de tejidos

Procesos de elongación y división celular.

Procesos de formación del xilema y la raíz

Para cuantificar se utiliza el método colorímetro de Salkowski



Producción de Germinados

- Semilla desde los 3 a 7 días desde que germino
- Bajo uso de semillas, listo para el consumo y fácil digestión

Uso de semillas

- Germinados opción para mejorar la alimentación humana
- Popular en países asiáticos, países subdesarrollados



# Zinc

## Lenteja

- Cultivo importante en población con bajos recursos
- Proteína 23-30% podría sustituir a la carne
- Buena fuente de Fe y Zn, pero pueden estar quelatados por el ácido fítico o fitatos

## Composición y condiciones

- En germinados puede multiplicar los contenidos a diferencia de la semilla seca
- Limpieza de la semilla para preservar a inocuidad del germinado

Planta: contribuye en la parte de energía, síntesis de proteína y regula el crecimiento

Humanos: deficiencia del 30% de los 6 millones sufren de deficiencia

Requerimiento de zinc: 10-15 mg. día<sup>-1</sup>

Toxicidad de zinc, reduce la absorción de Cobre, alterando la función del Hierro

## Fortificación



### Concepto

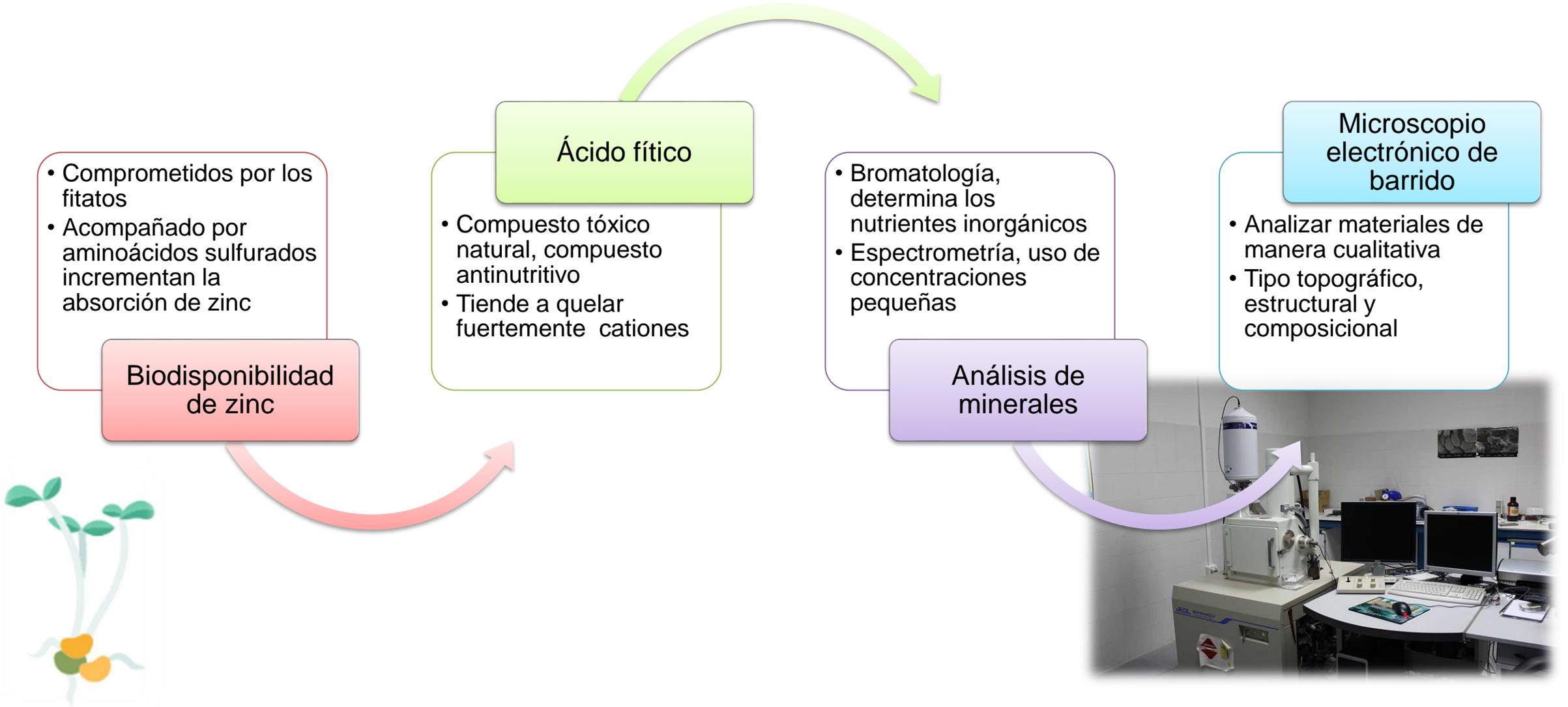
- Incorpora en el alimento cantidades de elemento de interés directamente al medio de crecimiento
- Depende de varios factores a tomar en cuenta

### Tipos

- Fortificación masiva: regularizada por el sector gubernamental
- Fortificación localizada: en alimentación dirigida a un subgrupos de población
- Fortificación Orientada: directamente manejada por el fabricante o la industria

### Compuestos

- Oxido de zinc: fortificación de cereales, bajo costo , baja biodisponibilidad
- Sulfato de zinc: mayor absorbanca, mayor costo y leves cambios organolépticos
- Citrato de zinc: poco usado por los cambios drásticos en el sabor



## MATERIALES Y MÉTODOS

### Preparación de semillas

- 4000 semillas
- Lavado con hipoclorito de sodio 1%
- Inmersión 24 horas



### Tratamientos

- Solución Madre 1000 mg. L<sup>-1</sup>
- Recipiente plástico 200ml con 200 semillas, 20 Unidades experimentales



### Inocuidad y Condiciones

- Esterilización de materiales con 3% hipoclorito de sodio y luz UV 15 min.
- Aplicación de tratamientos e instalación del ensayo
- Biobase 20°C durante 9 días

**Tabla 1**

*Descripción de los tratamientos para el presente estudio*

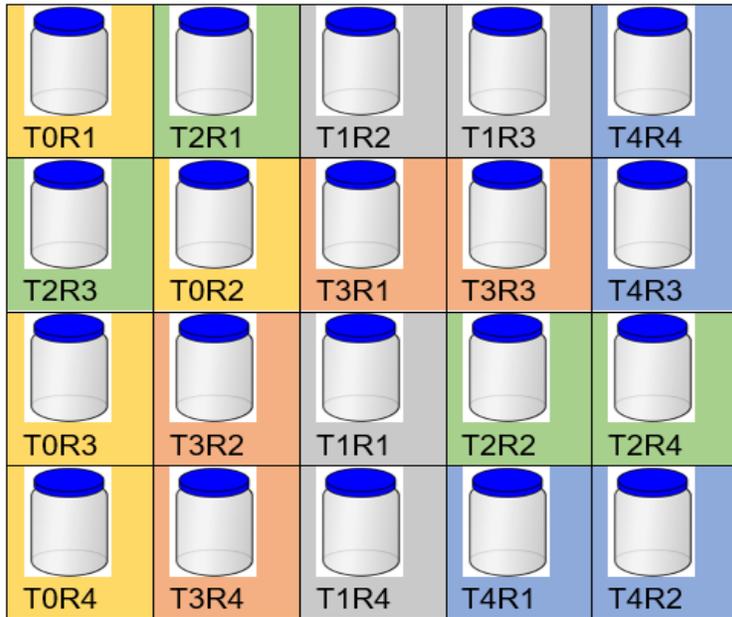
Tratamiento	Concentración de Zn ( $\mu\text{M. L}^{-1}$ )
T0	0
T1	25
T2	50
T3	100
T4	200

*Nota.* Descripción de las dosis asignadas para cada tratamiento evaluadas en el presente ensayo. Autoría propia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

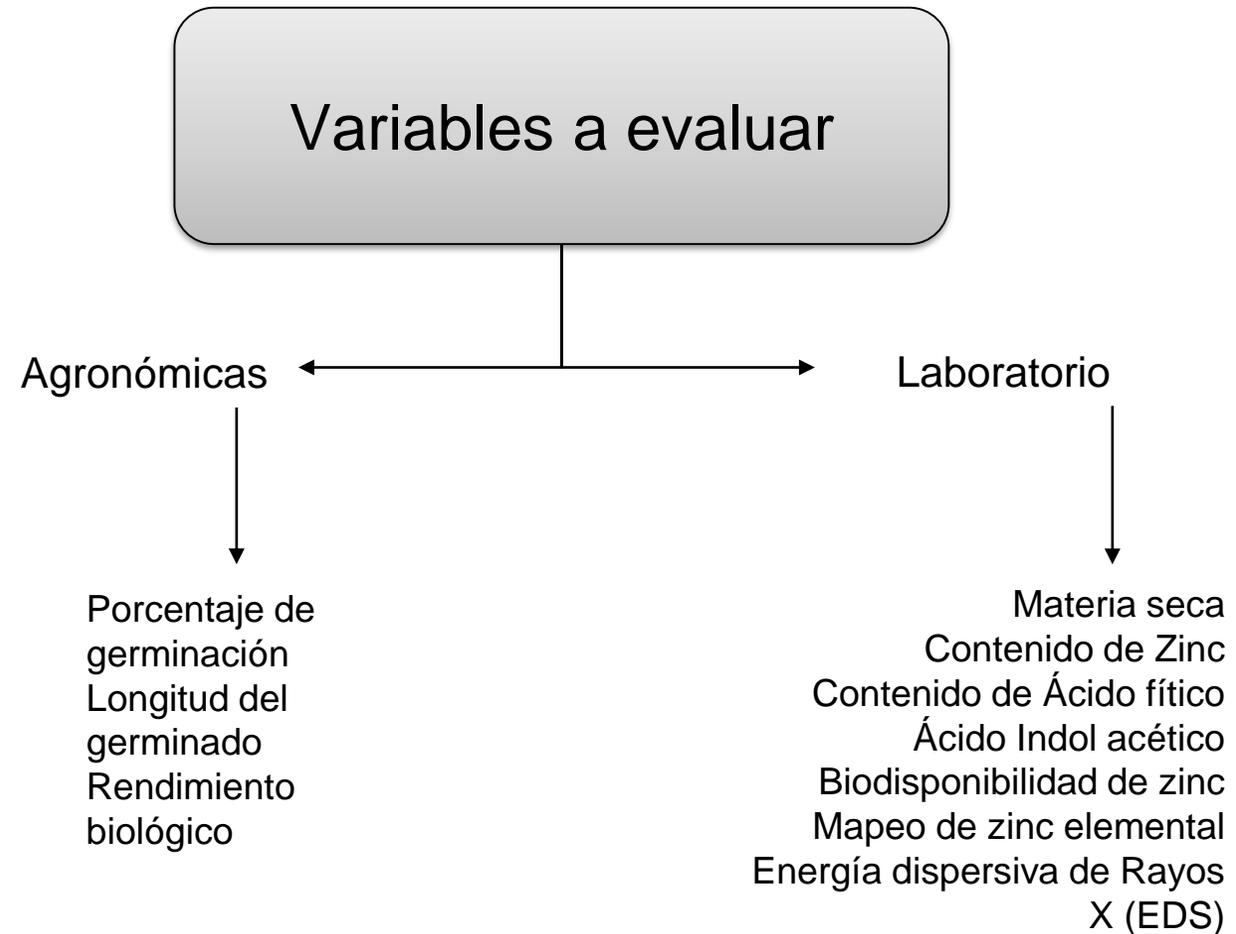
Figura 2

Disposición de los tratamientos en estudio para la biofortificación de germinados de *Lens culinaris* a diferentes dosis de Zinc

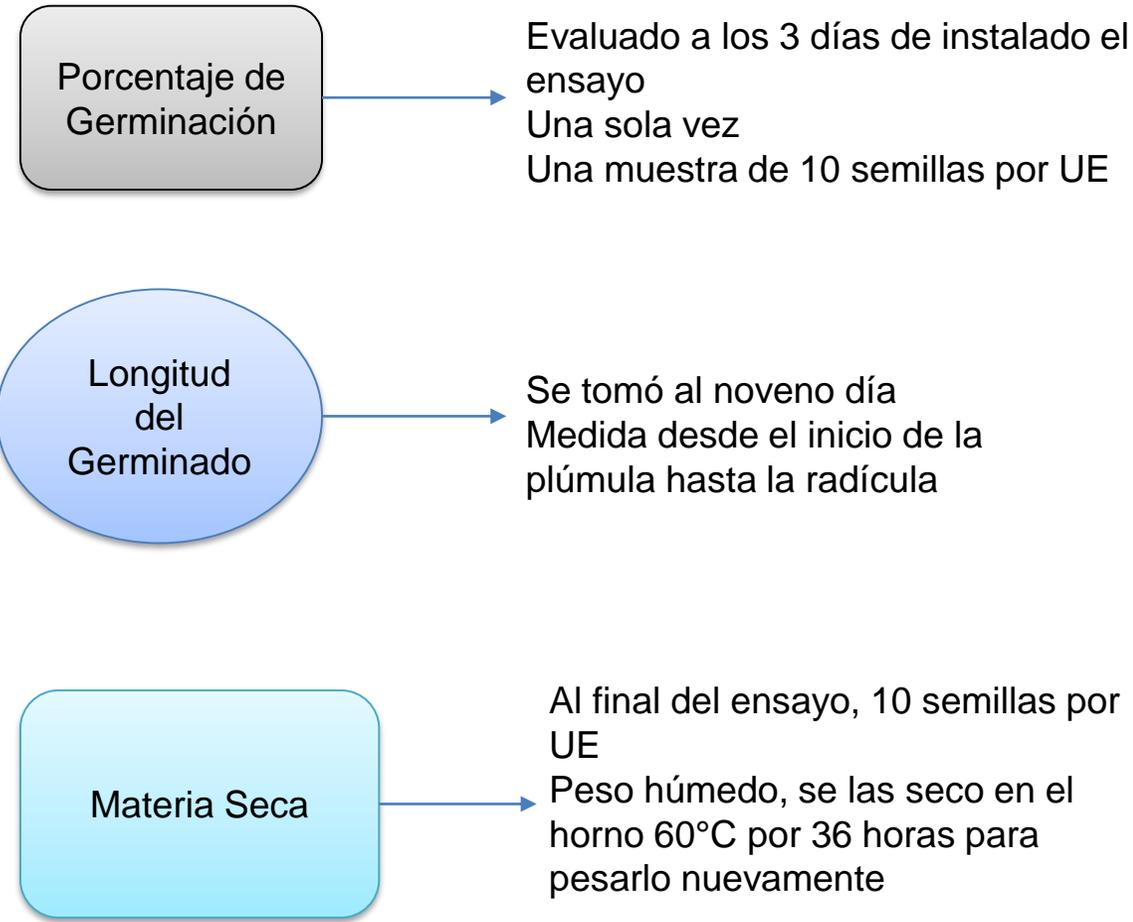


Las concentraciones se asignaron de forma aleatoria, bajo un DCA con 3 repeticiones

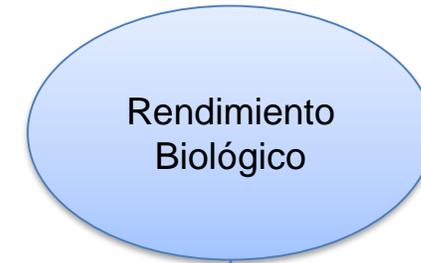
Nota. Autoría propia.



## MATERIALES Y MÉTODOS



$$\text{Porcentaje de Germinación \%} = \left( \frac{\# \text{ semillas germinadas}}{\text{semillas total}} \right) * 100$$



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

Fw= peso fresco total de la semilla  
M= peso de las semillas utilizadas tanto para el tratamiento y repetición, al momento de la cosecha.

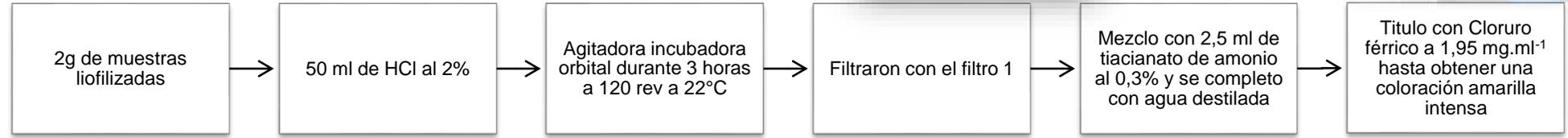
# MATERIALES Y MÉTODOS



## Análisis de Contenido de Zinc



## Contenido de ácido Fítico



$$IP6(mg/100gr) = vt * 1,95;$$
$$Fitato (mg/100gr) = IP6 * 3,55$$

# MATERIALES Y MÉTODOS

Biodisponibilidad  
Zn

Con los datos  
obtenido de Zinc y  
ácido fítico

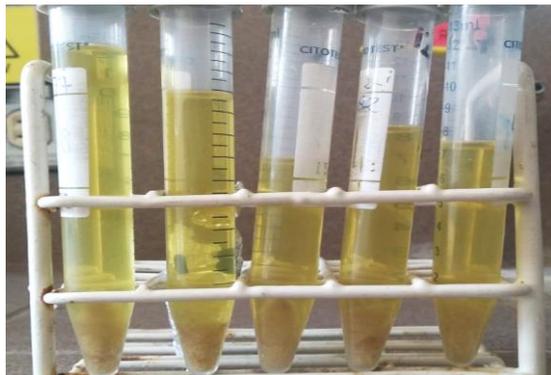
AIA

Uso del reactivo  
de Salkowski:  
0,5M de FeCl<sub>3</sub>, 49  
ml de agua y 49  
ácido perclórico

Analizó las  
radículas de los  
germinados  
Tubos de ensayo  
con 80% acetona

Utilizó un  
espectrofotómetro  
a 535nM con un  
gramo de raíz

$$\text{Concentración de AIA } (\mu\text{g/ml}) = \frac{Y - 0.002}{0.0009}$$



\*Mapeo y Composición  
elemental

Se usaron muestras de  
semillas pulverizadas  
con nitrógeno líquido

Del testigo y de la dosis  
200 M. L<sup>-1</sup>

Ubicadas en un pin para  
microscopía electrónica  
de barrido de aluminio

Dichas muestras  
previamente se  
cubieron de oro

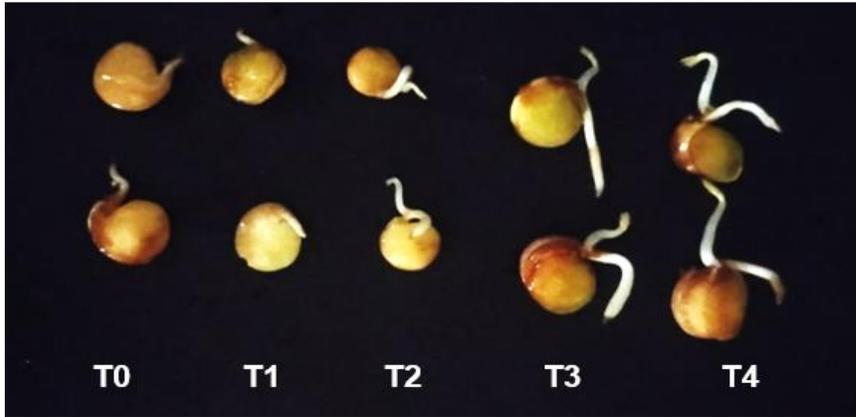


\*Comp. Pers. Debut & Vizuite

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Figura 3**

Germinados de *Lens culinaris* a los tres días de la aplicación con 5 diferentes dosis de zinc



**Porcentaje de germinación**

T3: 100 $\mu\text{M. L}^{-1}$	50 $\pm$ 8.16 bc
T4: 200 $\mu\text{M. L}^{-1}$	60 $\pm$ 8.16 c

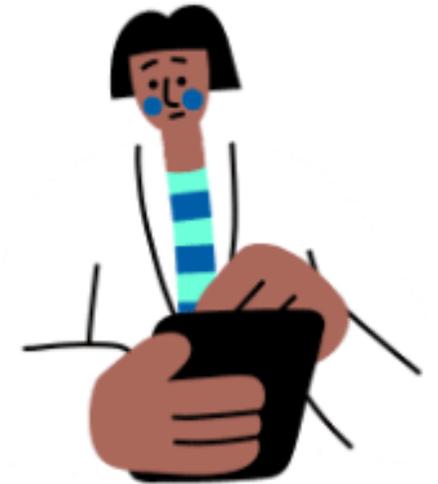
- Zou et al. (2014) en germinados de soja, observaron mejorías con dosis de sulfato de zinc
- Wei et al. (2012) en semillas de arroz integral fortificadas, que con el uso de sulfato de zinc en soluciones de hasta 150 mg. L<sup>-1</sup>, no observaron ningún efecto sobre la germinación de la semilla.

**Longitud del germinado**

**Figura 4**

Longitud de germinados de *Lens culinaris* tratadas con 5 diferentes dosis de zinc

T2 50  $\mu\text{M. L}^{-1}$  6.30 $\pm$ 0.24 c



## Rendimiento biológico y Materia seca

**Tabla 4**

Promedio y error estándar del rendimiento biológico y materia seca en germinados de lenteja *Lens culinaris* tratados con 5 diferentes dosis

Tratamiento	Rendimiento biológico (%)	Materia seca (g)
T0: 0 $\mu\text{M}$ . L <sup>-1</sup>	197.44 $\pm$ 6.47 ab	33,29 $\pm$ 1.53
T1: 25 $\mu\text{M}$ . L <sup>-1</sup>	196.20 $\pm$ 8.77 ab	35.51 $\pm$ 1.07
T2: 50 $\mu\text{M}$ . L <sup>-1</sup>	190.42 $\pm$ 7.33 a	36.61 $\pm$ 0.24
T3: 100 $\mu\text{M}$ . L <sup>-1</sup>	211.99 $\pm$ 2.68 b	31.79 $\pm$ 19.5
T4: 200 $\mu\text{M}$ . L <sup>-1</sup>	205.30 $\pm$ 5.22 ab	31.91 $\pm$ 11.45

Nota. Medias con letras diferentes difieren significativamente ( $p > 0.05$ ) con la prueba de comparación de medias de Duncan. Autoría propia.

El peso de 200 semillas secas de lenteja era de 43.2g.

- Zou et al. (2014), comprobaron que en germinados de soja con dosis de 0 a 100 mg. L<sup>-1</sup> aumentó el rendimiento biológico, pero presentaron una ligera disminución en el peso seco de los germinados.
- Hanif et al. (2017) utilizaron dosis bajas de zinc (0.2 - 0.009 mg. L<sup>-1</sup>), en albahaca dulce obteniendo diferencias en el rendimiento biológico.
- Said-Ahl & Omer (2009) sugieren que una aplicación combinada de Zn 400 ppm y Fe 200 ppm en cilantro, registran aumento de la altura de la planta como del rendimiento.

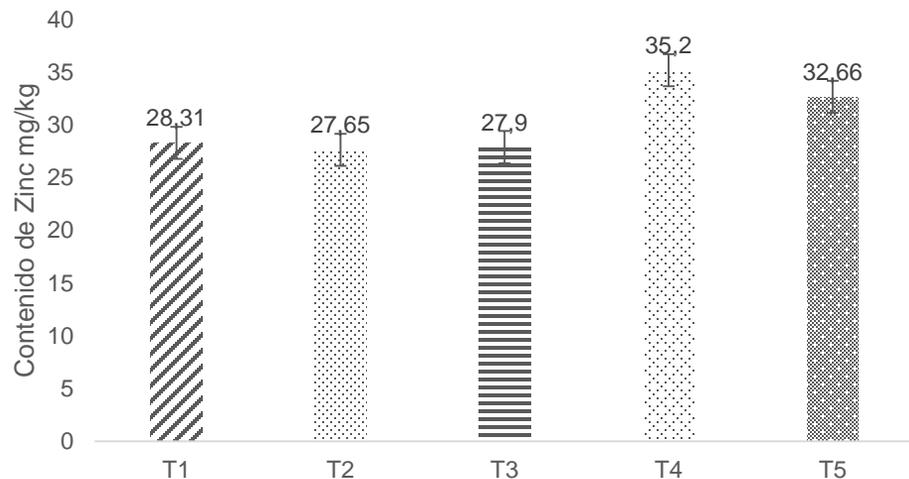


# RESULTADOS Y DISCUSION

## Contenido de Zinc

**Figura 5**

Concentración de Zinc mg.kg-1 en germinados de lentejas tratados con 5 diferentes dosis de zinc



Estimando una biodisponibilidad de zinc mayor al 50%

## Contenido de ácido fítico

**Tabla 6**

Promedio y error estándar del contenido de ácido fítico (mg/kg) en germinados de lenteja tratados con diferentes dosis de zinc.

Tratamiento	Contenido de Ácido Fítico (mg.kg <sup>-1</sup> )
T0: 0 μM. L <sup>-1</sup>	112.49 ±9.53 c
T1: 25 μM. L <sup>-1</sup>	69.23 ±7.48 b
T2: 50 μM. L <sup>-1</sup>	31.15 ±3.46 a
T3: 100 μM. L <sup>-1</sup>	60.57 ±5.91 b
T4: 200 μM. L <sup>-1</sup>	48.46 ±4.89 ab



Nota. Donde: T0: 0 μM. L-1, T1: 25 μM. L-1, T2: 50 μM. L-1, T3: 100 μM. L-1 y T4: 200 μM. L-1 de Zinc. Autoría propia.

Borelli et al., (2007)

## RESULTADOS Y DISCUSION

Wei et al. (2012) en semillas de arroz tratadas con zinc reportaron una relación molar alta en semillas sin germinar, con una cantidad de zinc biodisponible del 27%, en semillas expuestas a 100 mg. L<sup>-1</sup> de zinc la relación se redujo considerablemente a casi el 75%, deduciendo que al aumentar el zinc con la técnica de la fortificación la relación molar AF:Zn baja y hay un aumento de la biodisponibilidad.

**Tabla 2**

Relación molar entre el ácido fólico (AF) y la biodisponibilidad de zinc (%)

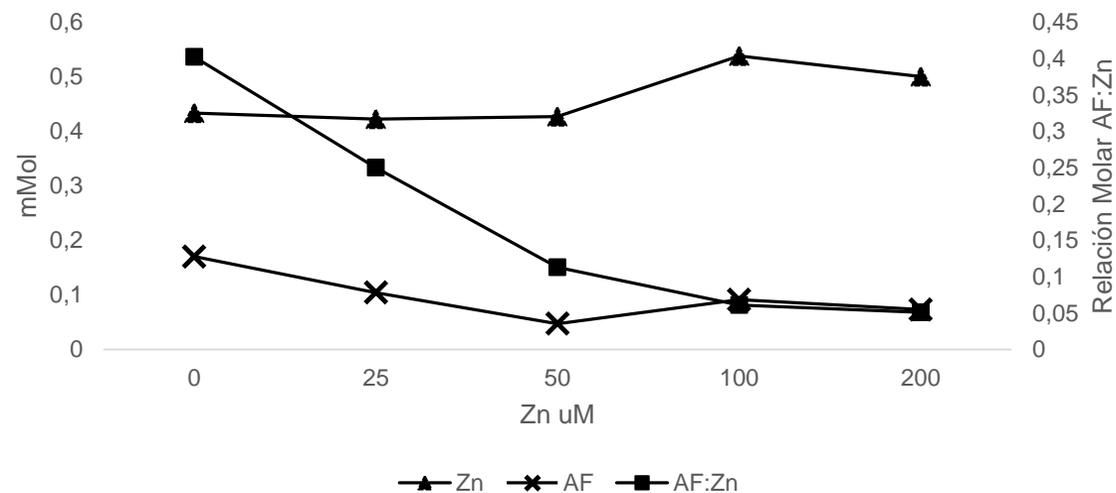
Relación molar (AF:Zn)	Biodisponibilidad Zinc (%)
<5	>50%
5-15	30%
15-30	15%
>30	10%



**Tabla 7**

Promedio y error estándar de la relación mMolar de ácido fólico y zinc en germinados de lenteja tratados con 5 diferentes dosis de zinc

Tratamiento	Contenido de zinc(mg.kg <sup>-1</sup> )	Relación molar AF:Zn
T0: 0 μM. L <sup>-1</sup>	28.31 ±1.79	0.402 ±0.049 c
T1: 25 μM. L <sup>-1</sup>	27.65 ±1.02	0.250 ±0.031 b
T2: 50 μM. L <sup>-1</sup>	27.9 ±3.26	0.113 ±0.013 a
T3: 100 μM. L <sup>-1</sup>	35.20 ±4.06	0.061 ±0.031 ab
T4: 200 μM. L <sup>-1</sup>	32.66 ±2.06	0.051 ±0.026 ab



**Figura 6**

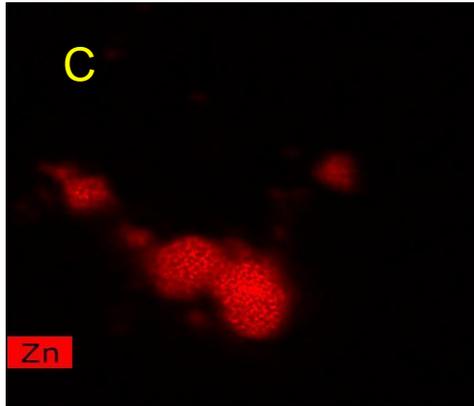
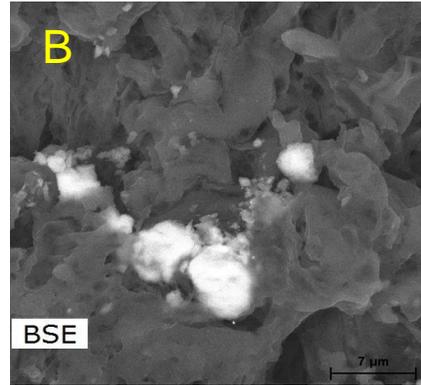
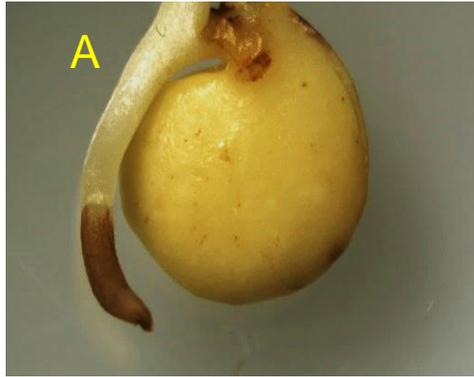
Relación molar de Ácido fólico: Zinc en germinados de lenteja tratados con cinco diferentes dosis de zinc

Nota. Donde: T0: 0 μM. L<sup>-1</sup>, T1: 25 μM. L<sup>-1</sup>, T2: 50 μM. L<sup>-1</sup>, T3: 100 μM. L<sup>-1</sup> y T4: 200 μM. L<sup>-1</sup> de Zinc. Autoría propia.

## Mapeo y composición elemental

### Figura 7

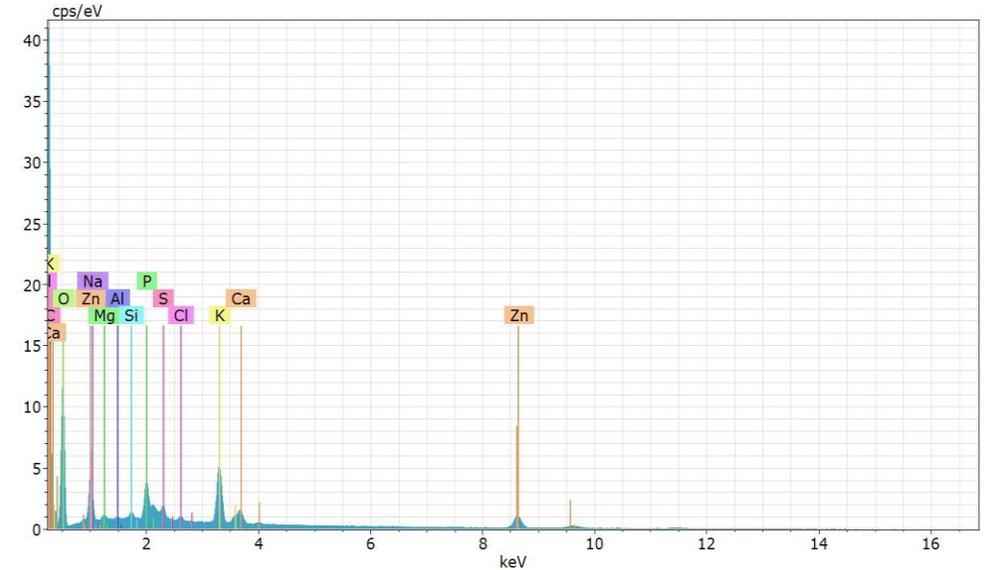
Mapeo elemental de radícula pulverizada en muestras de germinados de lenteja tratados con 200  $\mu\text{M}$ . L-1



Nota. En la figura 8A se muestra parte de la radícula del germinado de semilla con dosis de 200  $\mu\text{M}$ . L-1, en la figura 8B es una muestra por el mapeo cualitativo simple con énfasis en Zinc y la figura 8C es la coloración del mapeo de zinc.

### Figura 8

Espectroscopia de energía dispersa de Rayos X (EDS) en radícula pulverizada de germinados de zinc tratados con 200  $\mu\text{M}$ . L-1

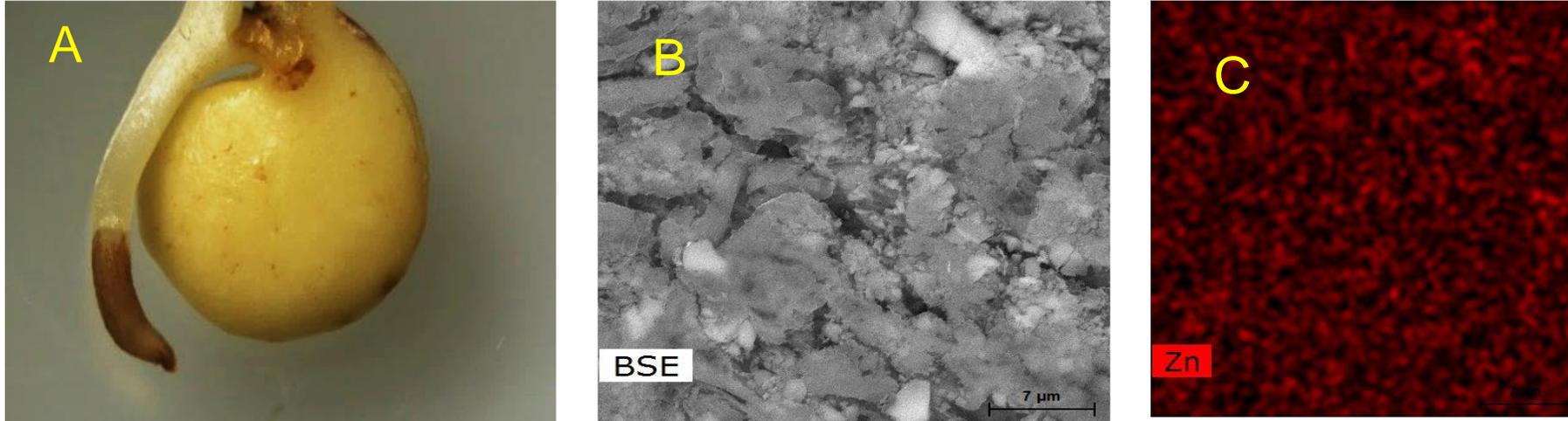


Bernal & Espinosa (2003) afirma que, la aplicación de zinc en la planta aumenta el contenido de Ácido Indol acético (AIA) en la planta,

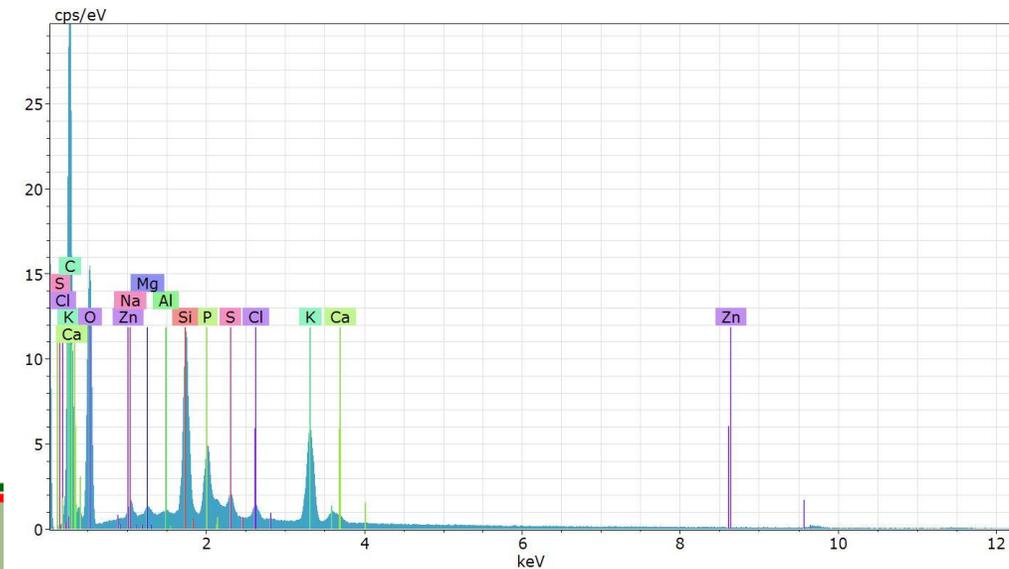
## Mapeo y composición elemental

**Figura 9**

Mapeo elemental de radícula pulverizada en muestras de germinados de lenteja tratados con  $0 \mu\text{M} \cdot \text{L}^{-1}$



Nota. En la figura 9A se muestra parte de la radícula del germinado de semilla con dosis de  $0 \mu\text{M} \cdot \text{L}^{-1}$ , en la figura 9B es una muestra por el mapeo cualitativo simple con énfasis en Zinc y la figura 9C es la coloración del mapeo de zinc.



**Figura 10**

Espectroscopia de energía dispersa de Raxos X (EDS) en radícula pulverizada de germinados de zinc tratados con  $0 \mu\text{M} \cdot \text{L}^{-1}$



## Conclusiones

- La biofortificación de zinc con una dosis de  $50 \mu\text{M} \cdot \text{L}^{-1}$  (T3) en germinados de lenteja, presentó los mejores resultados en la evaluación de los parámetros productivos de rendimiento biológico y materia seca (190.42%; 36.61g), frente a los demás tratamientos.
- Las dosis aplicadas de zinc, no presentan diferencias significativas con respecto a los parámetros fisiológicos de porcentaje de germinación, longitud del germinado y contenido de zinc. Con la dosis de  $50 \mu\text{M} \cdot \text{L}^{-1}$  (T3) se obtuvo la mayor biodisponibilidad de zinc (0.061) y menor cantidad de ácido fítico ( $60.57 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ).
- La dosis de  $50 \mu\text{M} \cdot \text{L}^{-1}$  (T3) de zinc en germinados de lenteja, fue la más adecuada para lograr las mayores concentraciones de zinc en la radícula del germinado.

## Recomendaciones

- Para mejorar la biodisponibilidad de zinc se recomienda el uso de  $50 \mu\text{M} \cdot \text{L}^{-1}$  de zinc en la fortificación de germinados de lenteja.
- Para tener un detalle del movimiento y localización de zinc en el germinado es importante usar la técnica de análisis de mapeo y composición elemental semicuantitativa, mediante el microscopio de barrido y EDS (Energía dispersiva de Rayos X).
- Se recomienda usar germinados de lenteja fortificados con  $50 \mu\text{M} \cdot \text{L}^{-1}$  de zinc con en niños menores de un año hasta los 10.
- Con la finalidad de mejorar la biodisponibilidad de zinc e incrementar la calidad nutricional, se recomienda biofortificar con zinc cereales con mayor contenido de ácido fítico.



# *i Gracias!*



Laboratorio de suelos,  
agua y foliares

