



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Efecto de diferentes concentraciones de zinc sobre parámetros de crecimiento en germinados de alfalfa (*Medicago sativa*) y su potencial fortificación para consumo humano

Salvatierra Valdez, Xavier Eduardo

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal, Mgtr.

24 de febrero del 2022



INTRODUCCIÓN

- El zinc es un oligoelemento esencial para todas las formas de vida.
- Cumple un rol importante en múltiples funciones biológicas.
- Contenido variable en los alimentos.
- Biodisponibilidad (**antinutrientes**).
- Diferentes concentraciones de zinc puede aumentar considerablemente el contenido.
- **Alternativa para mitigar deficiencias.**



OBJETIVOS

Objetivo General

1

Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de zinc sobre parámetros de crecimiento en germinados de alfalfa (*Medicago sativa*) y su potencial fortificación para proporcionar un alimento enriquecido con zinc y de calidad al consumidor.

Objetivos Específicos

2

- Evaluar el contenido de zinc y ácido fítico en germinados de alfalfa tratados con cinco diferentes concentraciones del elemento.

3

- Evaluar el efecto de cinco concentraciones de zinc sobre el porcentaje de germinación, rendimiento biológico, materia seca, longitud del germinado y sabor.

4

- Identificar la dosis de zinc que permita obtener germinados de alfalfa fortificados sin afectar su germinación y crecimiento.



REVISIÓN DE LA LITERATURA

Brote o germinado



- Consumo data 3000 a.C.
- Propiedades medicinales
- Parte de la dieta

- Actividad enzimática
- Predigestión de proteínas
- Carbohidratos
- Grasas
- Biodisponibilidad de nutrientes

Brote de alfalfa

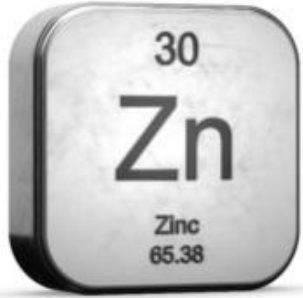
- Popularidad
- Calidad nutricional
- Bajo costo
- Disponibilidad

Subproductos



REVISIÓN DE LA LITERATURA

Zinc



- Funciones estructurales, catalíticas, metabólicas
- Síntesis de ADN, proteínas, enzimas.

Tabla 1

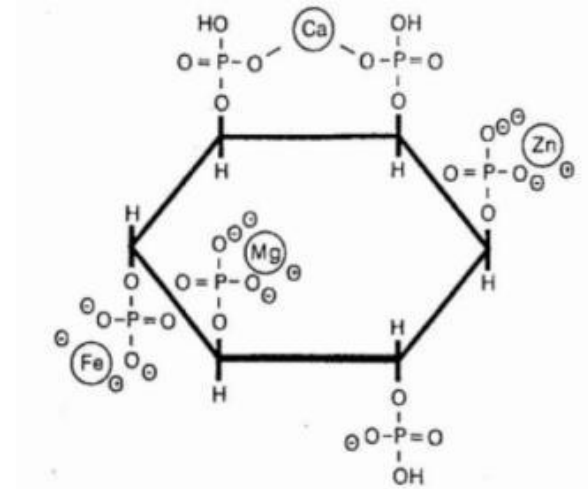
Ingesta recomendada diaria de zinc

Edad	Zn (mg.día ⁻¹)
6 a 12 meses	2 - 3
1 a 8 años	3 - 5
9 a 13 años	8
Adolescentes	9-11
Adultos	8- 11

Fuente: (National Institute of Health, 2019)

Lopez et al. (2002)

Ácido fítico (ácido mioinositol hexafosfórico)



-Alimentos 0,1- 6%

Tabla 2

Biodisponibilidad del zinc según la relación AF:Zn

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

Fuente: Borelli et al. (2007)



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO

Figura 1

Ubicación geográfica del laboratorio de fisiología vegetal y principios activos



Nota. Ubicación del laboratorio de fisiología vegetal y principios activos de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I. Google Earth (2021).



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

METODOLOGÍA

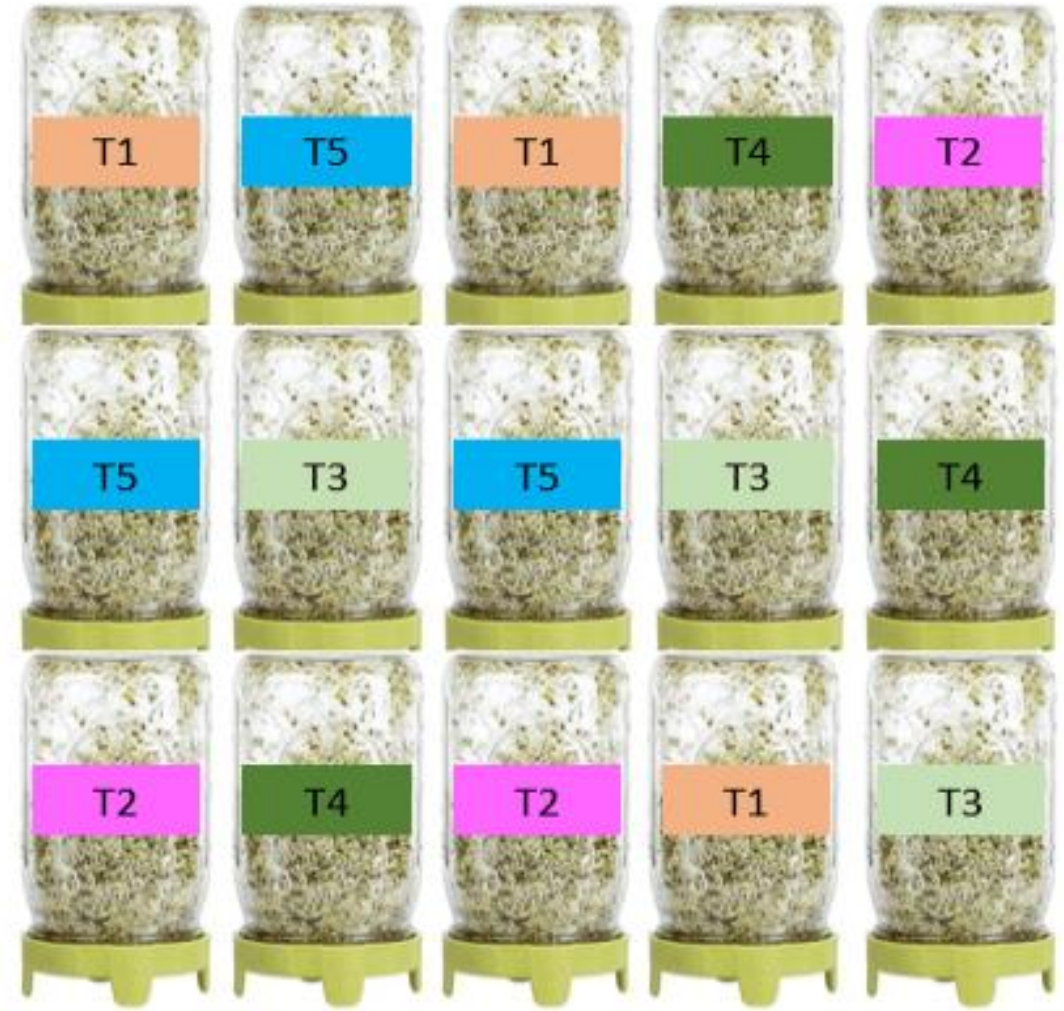
TRATAMIENTOS

Tabla 3

Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción Zn ($\mu\text{g. ml}^{-1}$)
T1	0
T2	10
T3	20
T4	30
T5	40

Distribución de tratamientos



MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de las semillas



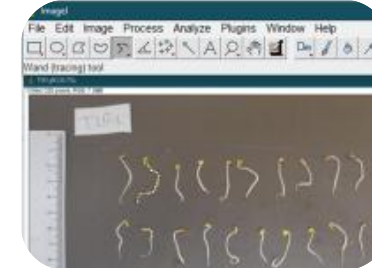
variables

Cosecha Longitud (software Image J) Peso seco

Rendimiento biológico



Rendimiento biológico = $(PF/Ps) * 100$

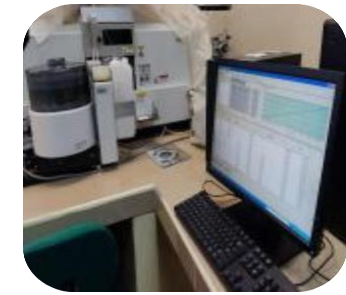


Preparación y aplicación de zinc

Soluciones Remojo 4 hrs



zinc y ácido fítico



$$\text{Fitato de fósforo} \left(\frac{mg}{100 g} \right) = \text{Valor de titulación} * 1,95$$

$$\text{Fitato} \left(\frac{mg}{100 g} \right) = \text{Fitato de fósforo} * 3,55$$



MATERIALES Y MÉTODOS

Porcentaje de germinación



Aplicación zinc



Germinación



Conteo

Prueba organoléptica



GERMINADOS DE ALFAFA FORTIFICADOS

SABOR (AMARGOR)

NOMBRE:

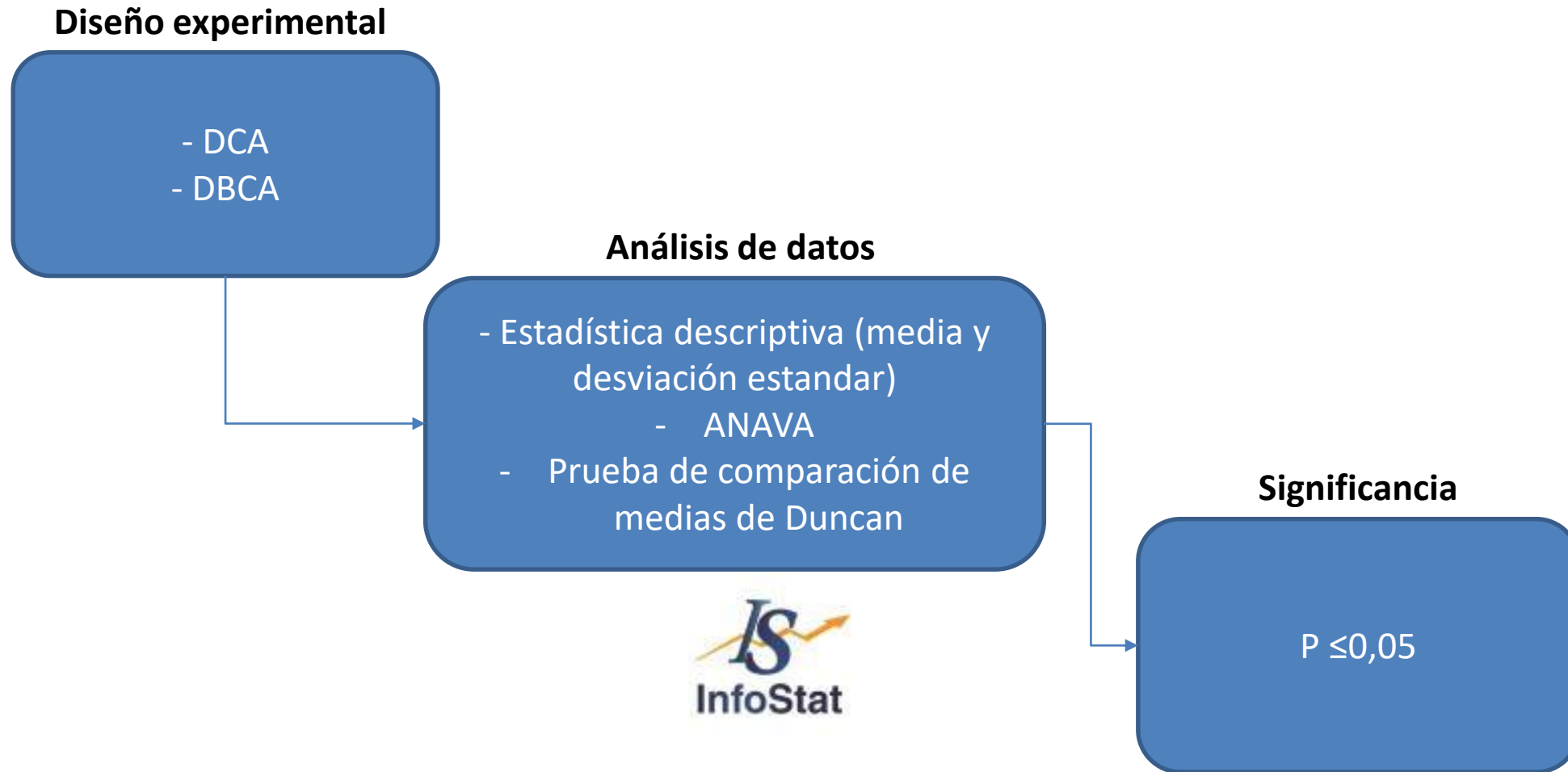
FECHA: 30/09/2021

Marcar con una X

	Nada Amargo (1)	Poco Amargo (2)	Amargo (3)
Código Muestra			
Código Muestra			
Código Muestra			
Código Muestra			
Código Muestra			

Observaciones.....

Diseño experimental



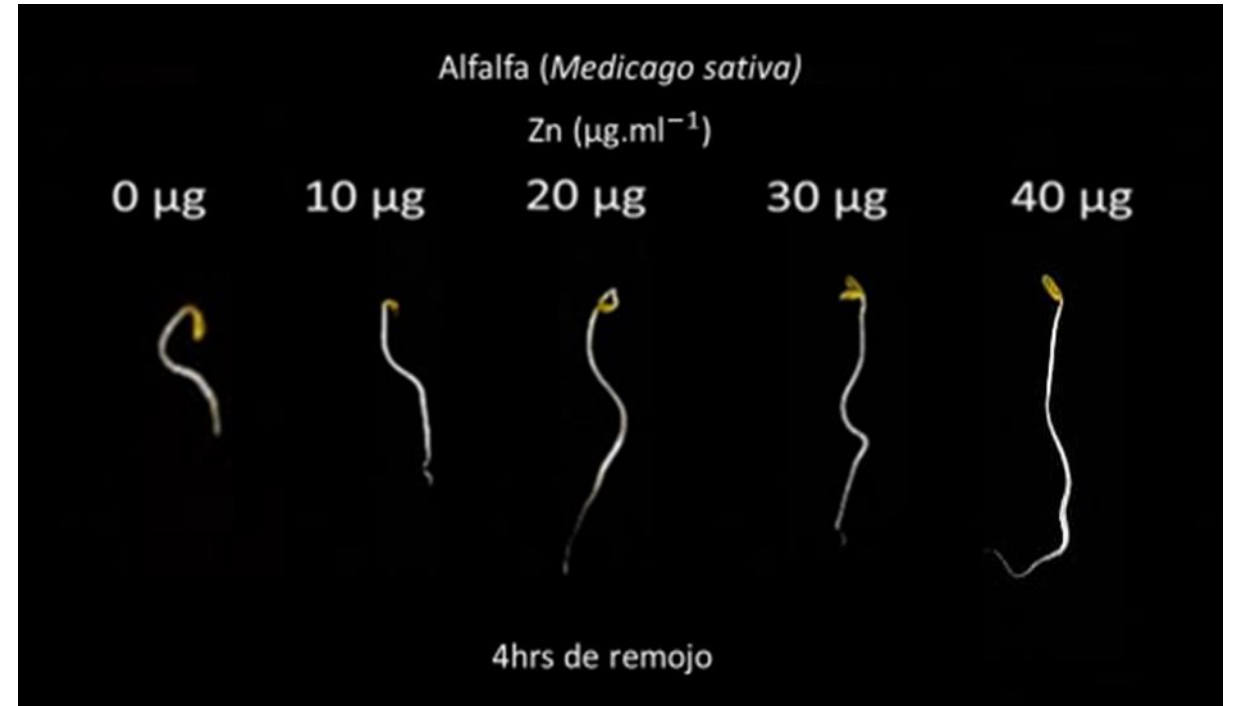
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 4

Promedio \pm DE del porcentaje de germinación (%) y longitud (cm) de germinados de alfalfa expuestos a diferentes niveles de zinc

Nivel de exposición Zn ($\mu\text{g. ml}^{-1}$)	Germinación (%)	Longitud (cm)
0	97,00 \pm 1,00	2,95 \pm 0,44 a
10	96,00 \pm 1,00	3,23 \pm 0,60 b
20	95,00 \pm 2,00	3,35 \pm 0,46 b
30	94,67 \pm 0,58	3,67 \pm 0,50 c
40	94,33 \pm 2,08	3,99 \pm 0,65 d

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes difieren estadísticamente (Duncan; $\alpha=0,05$).



Aydinalp & Marinova (2009) Zn (0, 10, 20 y 40 $\mu\text{g. ml}^{-1}$) no afectó el porcentaje de germinación en semillas de alfalfa.

Aydinalp & Marinova (2009), reportando un aumento significativo del 10 % de la longitud de germinados de alfalfa expuestos a 40 $\mu\text{g. ml}^{-1}$ de zinc, sobre el tratamiento control.

Zou et al. (2014) evidenció con hasta 40 $\mu\text{g. ml}^{-1}$ de zinc no reduce el porcentaje de germinación en germinados de soja

Zou et al. (2014), también reportó un aumento significativo en la longitud de germinados de soja, hasta un 16% con un nivel de exposición de 10 $\mu\text{g. ml}^{-1}$ de zinc.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 5

Promedio \pm DE del peso seco (g) y rendimiento biológico (%) de germinados de alfalfa expuestos a diferentes niveles de zinc

Nivel de exposición Zn ($\mu\text{g. ml}^{-1}$)	Peso seco (g)	Rendimiento biológico (%)
0	9,45 \pm 1,48	525,98 \pm 36,41
10	9,74 \pm 0,67	546,33 \pm 14,70
20	8,89 \pm 1,32	545,75 \pm 20,57
30	10,01 \pm 0,09	518,47 \pm 12,71
40	10,15 \pm 0,73	548,20 \pm 18,70

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes difieren estadísticamente (Duncan; $\alpha=0,05$).

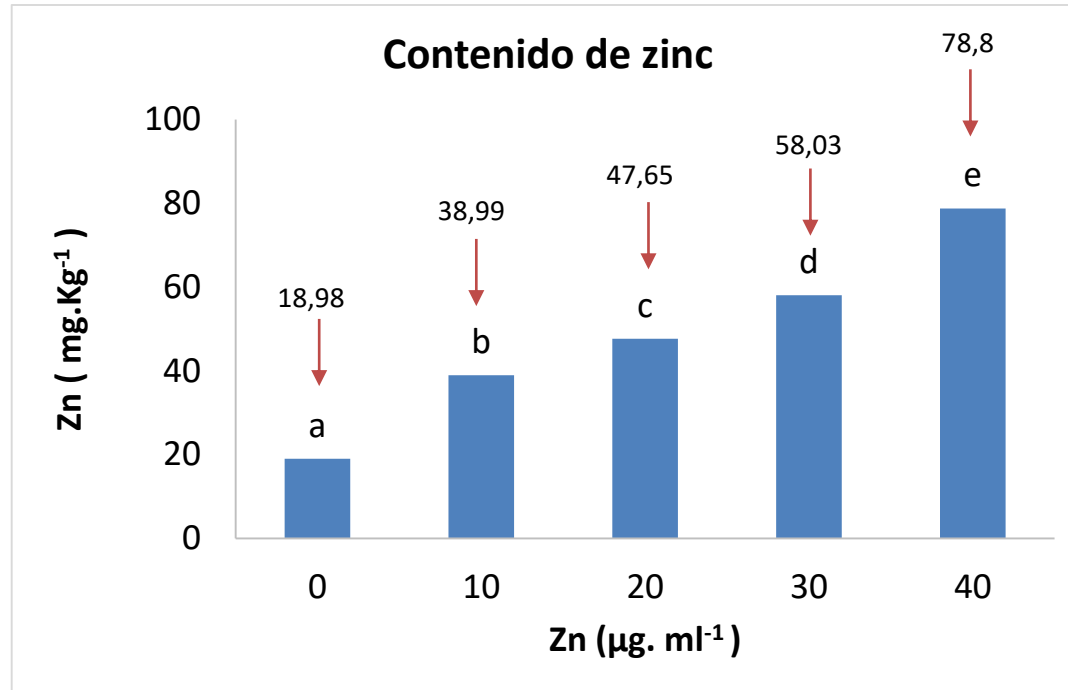
Di Gioia et al. (2019), experimentó con niveles de 0 , 5 , 10 y 20 $\mu\text{g. ml}^{-1}$ de zinc, con diferentes semillas, no hubo diferencias significativas en la materia seca.

Zou et al. (2014), rendimiento de germinados de soya expuestos a niveles de 0, 10, 20 $\mu\text{g. ml}^{-1}$ no presentó diferencias significativas y sus rendimientos fueron mayores a 600%.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de zinc

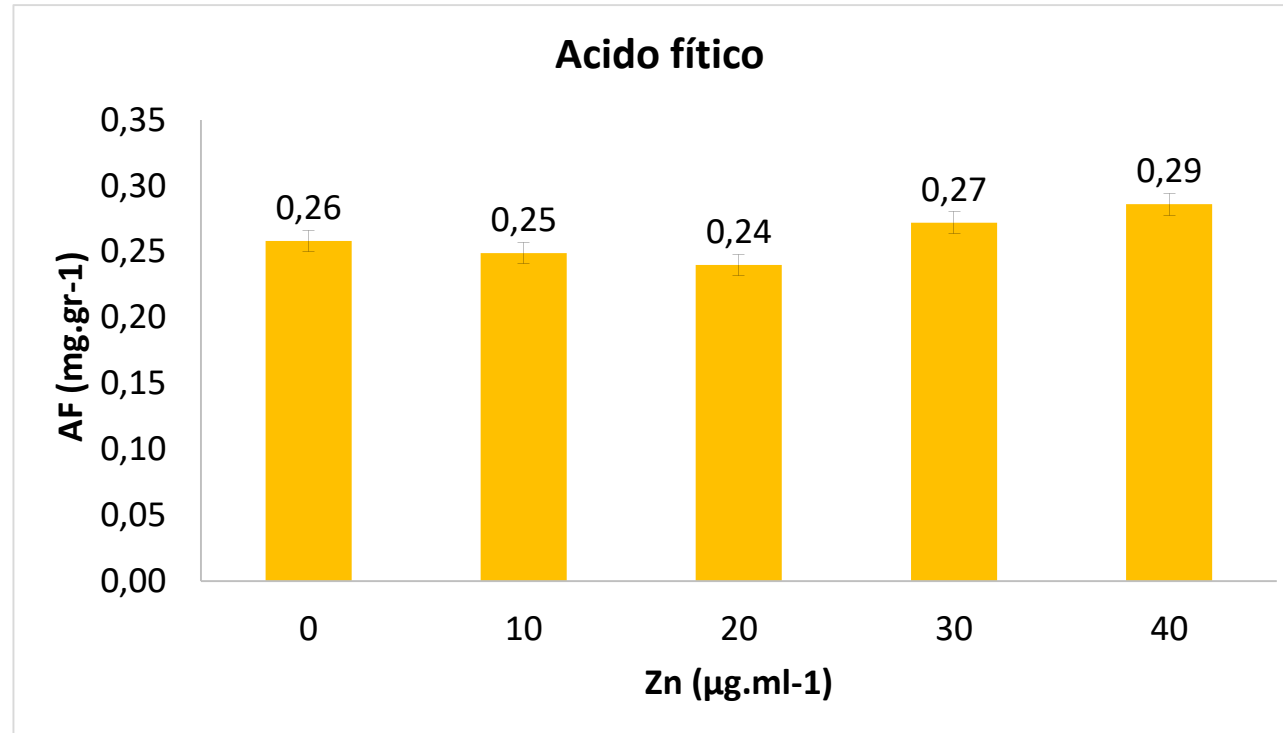


Lingyun et al. (2016) reportó que semillas de guisantes remojadas con 0 hasta 60 µg.ml⁻¹ se logró fijar hasta 300%

Baczek et al. (2020), semillas de girasol y guisantes a 4 niveles de zinc (0, 10, 20, 30 µg.ml⁻¹), obtuvo un aumento del 19% y 325% de aumento en el contenido de zinc respectivamente.

Zou et al. (2014) reportó que la acumulación de zinc fue hasta de 660 % superior con un nivel de exposición de 40 µg. ml⁻¹

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Campbell et al. (1991), germinados de alfalfa en diferentes tiempos de germinación donde como resultado se obtuvo hasta **0,39 mg.gr⁻¹ al tercer día de germinación.**

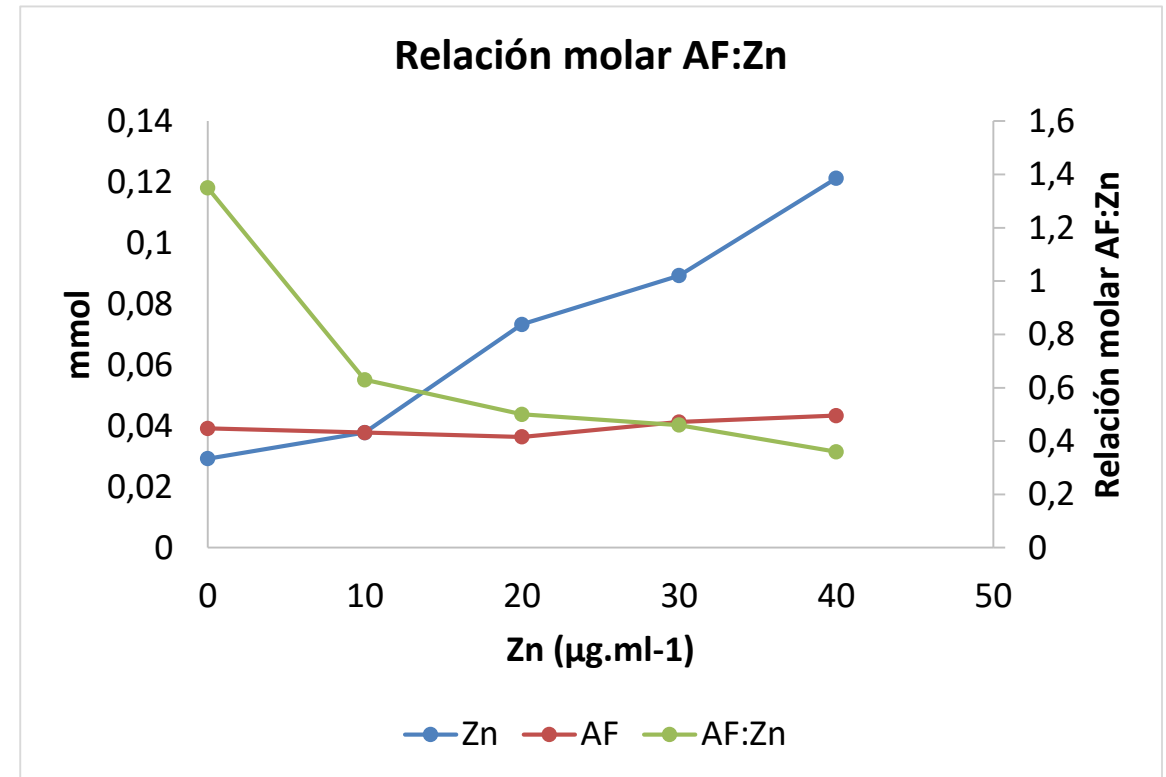
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 6

Promedio \pm DE del contenido de zinc, ácido fítico y la relación molar ácido fítico (AF:Zn) en germinados de alfalfa expuestos a diferentes niveles de zinc

Nivel de exposición Zn ($\mu\text{g. ml}^{-1}$)	Contenido de Zn (mg.kg^{-1})	Ácido fítico (mg.gr^{-1})	Relación molar (AF:Zn)
0	18,98 \pm 1,54 a	0,258 \pm 0,062	1,35 \pm 0,35 b
10	38,99 \pm 1,04 b	0,249 \pm 0,055	0,63 \pm 0,13 a
20	47,65 \pm 2,10 c	0,240 \pm 0,07	0,50 \pm 0,17 a
30	58,03 \pm 1,99 d	0,272 \pm 0,021	0,46 \pm 0,04 a
40	78,80 \pm 4,19 e	0,286 \pm 0,035	0,36 \pm 0,06 a

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes difieren estadísticamente (Duncan; $\alpha=0,05$).



Wei et al. (2012) reportó, **semillas de arroz sin germinar** presentaron una alta relación molar AF:Zn de 48,6, sin embargo **después de la germinación** esta relación disminuyó hasta 35,5, es decir un 27 % y en semillas germinadas expuestas a 40 $\mu\text{g.ml}^{-1}$, disminuyó considerablemente la relación molar AF:Zn a 12,4 lo que significó una reducción de 75 % respecto a las semillas sin germinar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Prueba organoléptica

Tabla 6

Promedio \pm DE de la calificación promedio del sabor de los germinados de alfalfa expuestos a diferentes niveles de zinc

Nivel de exposición Zn ($\mu\text{g. ml}^{-1}$)	Sabor
0	1,45 \pm 0,69
10	1,70 \pm 0,66
20	1,55 \pm 0,60
30	1,40 \pm 0,68
40	1,45 \pm 0,60



Se puede aplicar diferentes concentraciones de zinc para obtener germinados fortificados sin que afecte la propiedad organoléptica a nivel de sabor hasta el nivel de exposición más alto de 40 $\mu\text{g. ml}^{-1}$. **Este resultado puede deberse a que a pequeñas dosis de sulfato de zinc heptahidratado no altera el sabor de los alimentos fortificados** (Boccio & Monteiro, 2004).

CONCLUSIONES

1

Se evaluó el efecto de diferentes niveles de exposición con zinc (0, 10, 20, 30, 40 $\mu\text{g. ml}^{-1}$) con lo cual se logró influenciar sobre el contenido de zinc y parámetros de crecimiento, logrando fijar mayor cantidad de zinc, como consecuencia se obtuvo un alimento con potencial uso para la fortificación y el consumo humano.

2

Se consiguió obtener una fijación de 78,80 mg.Kg^{-1} de zinc con T5 (40 $\mu\text{g. ml}^{-1}$) es decir, hasta 317 % más, respecto a T1 (0 $\mu\text{g. ml}^{-1}$). Además, el contenido de ácido fítico fue similar entre tratamientos, y se obtuvo una relación molar AF:Zn, menor a 5 en todos los tratamientos, lo que significó una biodisponibilidad del zinc superior a 50%.

3

La longitud promedio fue mayor con T5 (40 $\mu\text{g. ml}^{-1}$) con 3,99 cm de longitud, siendo 1,04 cm superior a la longitud promedio obtenida con T1 (0 $\mu\text{g. ml}^{-1}$). El porcentaje de germinación, peso seco y rendimiento biológico no presentaron diferencias significativas, además, no hubo un efecto negativo en el sabor de los germinados.

4

Para este estudio las dosis probadas de zinc no afectaron significativamente la germinación y crecimiento, por lo cual no se logró obtener una dosis máxima que permita la fijación de zinc en el tejido vegetal comestible sin que cause un efecto inhibitor en germinación y crecimiento de germinados de alfalfa.



RECOMENDACIONES

1

Usar el método de fortificación agronómica por imbibición de las semillas con zinc ya que se logra fijar zinc sin afectar los parámetros de germinación ni su sabor.

2

Utilizar la concentración de zinc de $40 \mu\text{g}.\text{ml}^{-1}$ ya que en este nivel de exposición se obtuvo un mayor contenido de zinc en los germinados y no causó un efecto fitotóxico.

3

Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de zinc usando distintos tipos de semillas sobre la fortificación y parámetros de crecimiento.

4

Probar diferentes fuentes de zinc sobre la fijación del elemento y parámetros de crecimiento en semillas de alfalfa u otras especies.



GRACIAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

