



Evaluación del crecimiento y rendimiento de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), variedad INIAP-450 Andino, utilizando quelatos y nanopartículas de Fe y Zn, fase de campo

Simbaña Sanguña, Pamela Jazmin

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

Dr. Falconí Saá, Cesar Eduardo. PhD

02 de agosto del 2023



INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Lupinus mutabilis Sweet



(Basantes, 2015)

- Alto valor nutritivo
- Fija N atmosférico
- Adaptabilidad y rusticidad



Ecuador



2600 y 3200 msnm

Cotopaxi (2121 ha)
Chimborazo (1013 ha)
Tungurahua (350 ha)
Pichincha
Bolívar
Carchi e Imbabura

(Villacrés, Armando, Egas, & Segovia, 2006)

Fertilización



30 a 60 kg por hectárea de P_2O_5 , y cubrir usando 65 a 130 kg por hectárea de 18-46-0

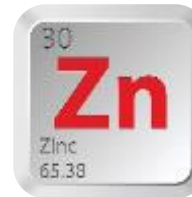
Aplicaciones foliares

Nanotecnología



- Eficiencia uso de plaguicidas
- Reduce dosis
- Ayuda al medio ambiente

(Intagri, 2019).



- Desarrollo plantas
- Actividad enzimática
- Formación y síntesis de clorofila

JUSTIFICACIÓN



Alto valor nutricional

- proteína
- grasas
- carbohidrato
- minerales y fibra

Producto estratégico en la dieta de las comunidades ecuatorianas.

Bajos rendimientos



- desarrollo científico
- capacitación
- seguimiento técnico

productividad y calidad

Semilla de calidad

Beneficio económico del productor

Quelatos de Fe y Zn

Nanoparticulas

Alternativa sustentable para generar mayor producción en campo

Su liberación en toda la planta es de forma lenta y controlada

nanoestructuras

(Falconi y Yáñez, 2022; Peralta *et al.*, 2013)

PROBLEMA



Poco conocimiento de los agricultores



Cultivos comerciales



Rendimiento, crecimiento y calidad de grano

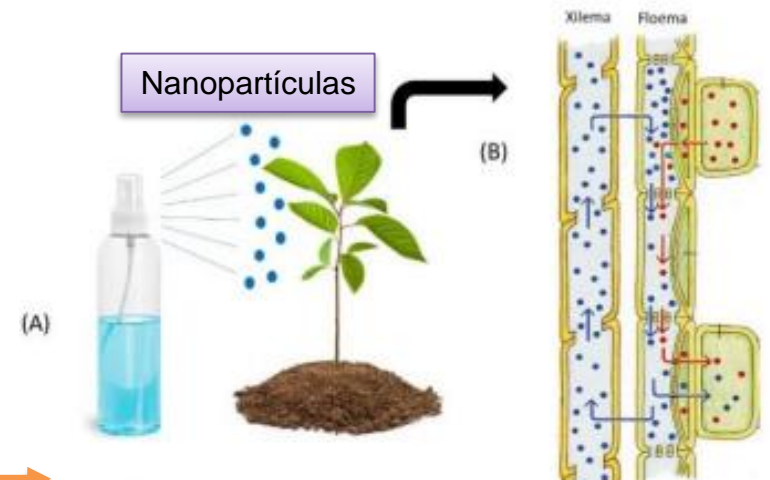


Enfermedades y deficiencias



Producción relativa baja 1,5 a 2,2 t/ha

Alternativa



(Falconi, 2012; Murgueitio et al., 2022)

Objetivos

Objetivo General

- Evaluar el crecimiento y rendimiento de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), variedad INIAP-450 Andino, utilizando quelatos y nanopartículas de Fe y Zn.

Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de quelatos y nanopartículas de Fe y Zn en parámetros fisiológicos del chocho.
- Cuantificar el efecto de quelatos y nanopartículas de Fe y Zn en parámetros agronómicos y producción de chocho.

Hipótesis

Hipótesis nula

- El rendimiento y la fisiología del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), variedad INIAP 450-Andino, no presenta mejoras al aplicar quelatos y nanopartículas de Fe y Zn.

Hipótesis alterna

- El rendimiento y la fisiología del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), variedad INIAP 450-Andino, presenta mejoras al aplicar quelatos y nanopartículas de Fe y Zn.

Revisión de la literatura

Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet)

- Tarwi
- Zona andina de Sudamérica
- Leguminosa
- Importancia en Ecuador, Perú y Bolivia



(Basantes, 2015)

Requerimientos

Altitud 2600 a 3200 msnm,

temperatura promedio anual de 7°C – 14°C,

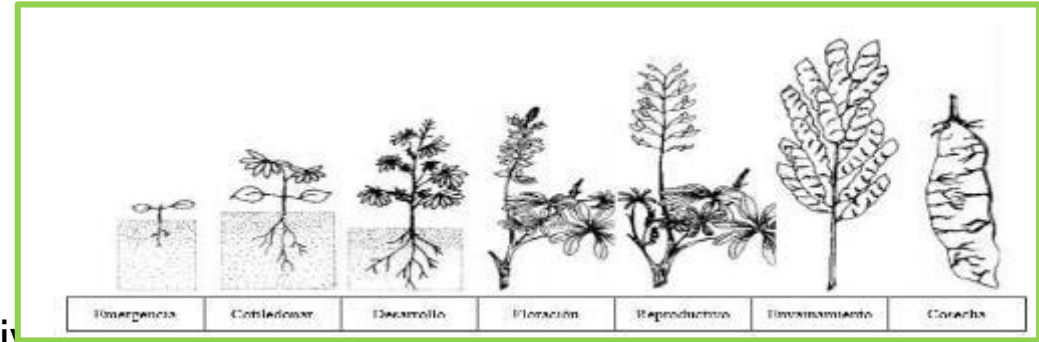
precipitación de 300 - 600 mm (ciclo de cultivo), susceptible al exceso de humedad (> 1000 mm) y moderadamente susceptible a la sequía

pH entre los 6 – 7.5

Labores agrícolas



Etapas fenológicas del cultivo de chocho



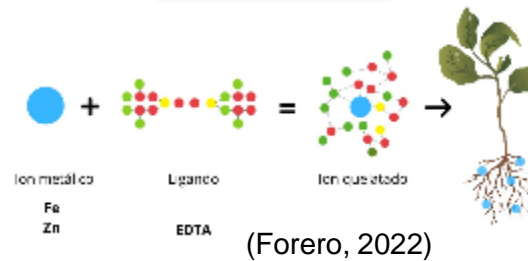
Falconi y Yáñez, 2022; Allauca, 2005



➤ Alto valor nutritivo

proteína el 50%, P, grasa y carbohidrato

Quelatos



Nanoparticulas



Metodología

Ubicación del sitio de estudio

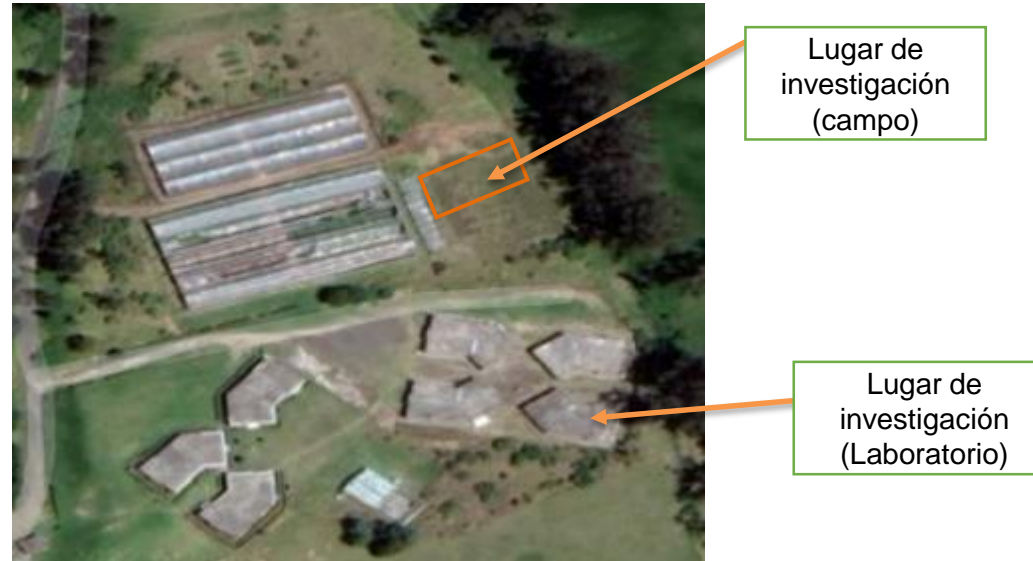
El presente trabajo fue realizado en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia San Fernando, en las parcelas experimentales de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, ubicada en la Hacienda “El Prado”.

Ubicación Geográfica

Longitud: 78°24'44"0

Latitud: 0°23'20"S

Altitud: 2.750 m.s.n.m.



Google Maps, 2023

Métodos



- Arado
- Rastra
- Surcado



- 3 semillas por golpe
- 0.35 m de distancia
- profundidad de 0.1 m



8 días



parcelas de 20 m² (4 m de ancho por 5 m de largo)



Forma 5 surcos en cada parcela (separación de 0.8 m)








35 días

40 y 90 días



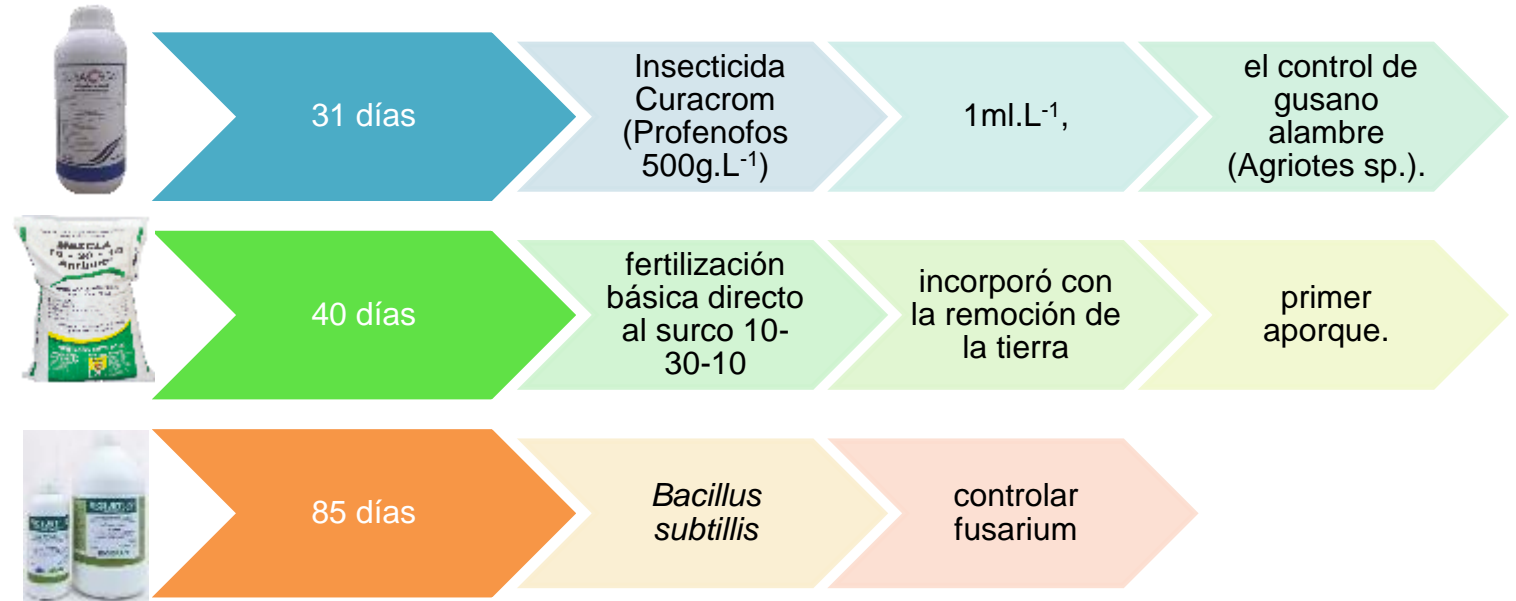
Monitoreo

Tratamiento	Color cinta
T0	
T1	
T2	
T3	
T4	



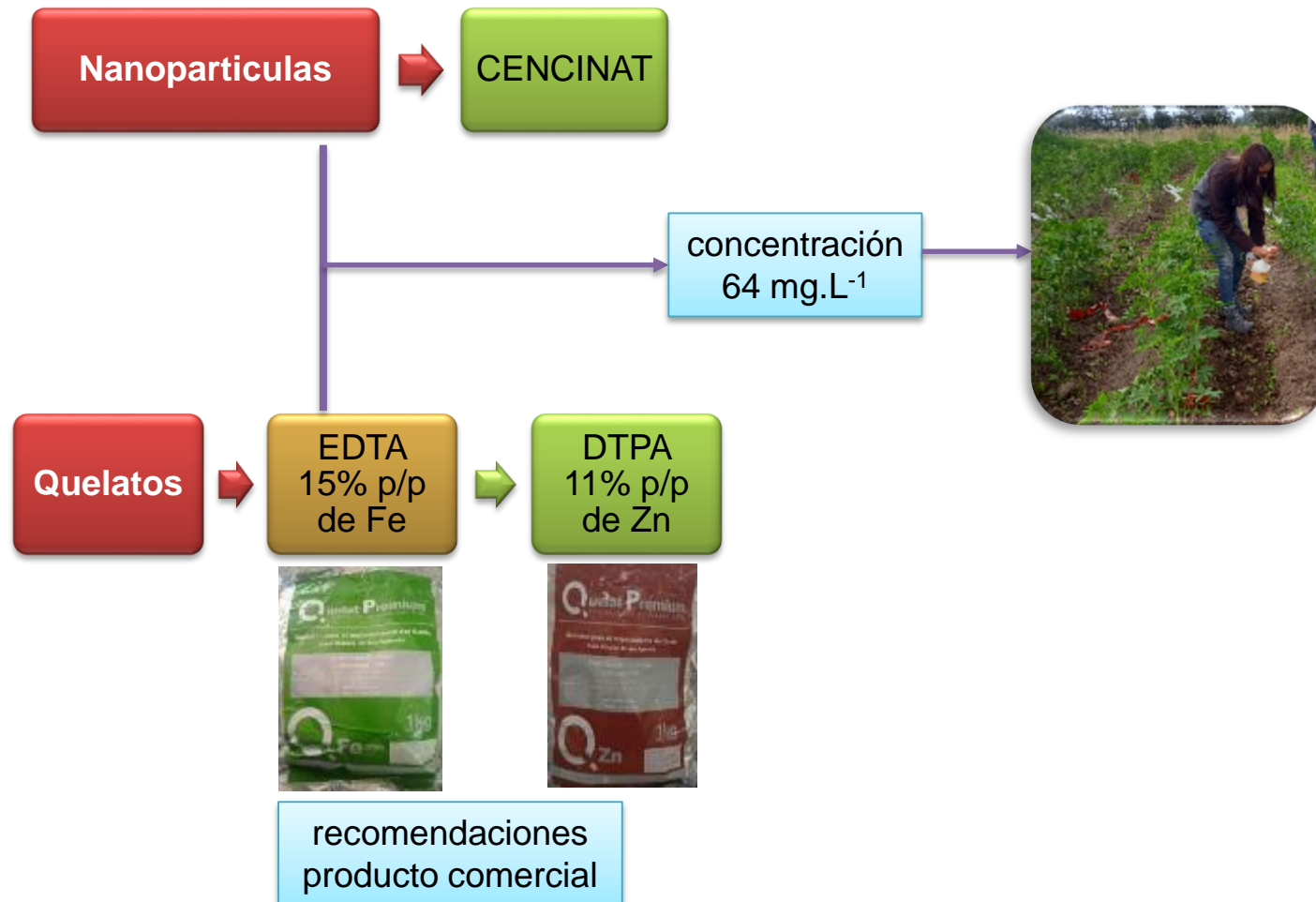
10 plantas seleccionadas al azar

Otras aplicaciones



Métodos

Preparación y aplicación de tratamientos



Diseño experimental



Croquis experimental

T1R2	T2R3	T0R1	T3R3	T4R3
T3R1	T4R2	T1R1	T2R2	T0R3
T2R1	T0R2	T3R2	T4R1	T1R3

Nota: R: repetición, T: tratamiento.

Factores y tratamientos

Tratamiento	Fertilizante	Dosis
T0	Testigo	0
T1	Nanopartículas Fe	64 mg. L ⁻¹
T2	Nanopartículas Zn	64 mg. L ⁻¹
T3	Nanopartículas de Fe + Nanopartículas de Zn	64mg. L ⁻¹
T4	Quelato Fe + Quelato Zn	64mg. L ⁻¹



ANAVA y compararon de medias prueba de Tukey con un nivel de significancia $p \leq 0,05$.

Resultados y Discusión

Altura de la planta (cm)

Efecto de la fertilización con nanopartículas de Fe y Zn y quelatos de Fe y Zn sobre la altura en plantas de chocho (*L. mutabilis*) variedad I-450 Andino en campo.

Tratamientos	Etapa fenológica		
	Vegetativa	Floración	Reproductiva
Testigo	73,23 ± 3,45 ab	114,20 ± 0,30 bc	148,50 ± 0,30 b
Fe-Np (T1)	77,83 ± 3,16 ab	123 ± 7,09 abc	149,40 ± 1,50 b
Zn-Np (T2)	77,43 ± 1,69 ab	127,10 ± 2,90 a	156 ± 2,90 a
Fe-Np + Zn-Np (T3)	70,63 ± 5,69 b	112,55 ± 2,35 c	142,35 ± 2,35 c
Fe-Q + Zn Q (T4)	82,56 ± 5,53 a	125,16 ± 4,38 ab	150,12 ± 3,14 ab

Basantes (2015), quien señala que la altura de las plantas de chocho pueden llegar a valores entre los 80 a 150 cm, resultados similares a los obtenidos en esta investigación, en donde se pudo observar que las plantas de chocho tuvieron entre 82,56 a 156 cm de altura, en las plantas de chocho

Número de flores

Efecto de la fertilización con nanopartículas de Fe y Zn y quelatos de Fe y Zn sobre el número de flores en plantas de chocho (*L. mutabilis*) variedad I-450 Andino en campo.

Tratamientos	Número de flores
Testigo	34,33 ± 5,13 b
Fe-Np (T1)	36,67 ± 2,89 ab
Zn-Np (T2)	46,67 ± 2,89 a
Fe-Np + Zn-Np (T3)	26 ± 5,29 b
Fe-Q + Zn Q (T4)	31 ± 5,29 b

El número de flores en plantas de chocho difieren a los expuestos por Falconi (2012), en donde nos muestra que el número promedio de flores en plantas de chocho es de 35 flores por planta, por lo que podemos decir que al aplicar nanopartículas de Zn a una dosis de 64 mg.ml⁻¹ se logra obtener mayor número de flores por planta (46,67 flores).

Número vainas, semilla por vaina y porcentaje de semilla no comercial

Efecto de la fertilización con nanopartículas de Fe y Zn y quelatos de Fe y Zn sobre el número vainas, semilla por vaina y porcentaje de semilla no comercial en grano de chocho (*L. mutabilis*) variedad I-450 Andino.

Tratamientos	Número de vainas	Semilla por vaina	Semilla no comercial (%)
Testigo	43,85 ± 0,00 cd	2.67 ± 0.58 b	7,06 ± 0.89 a
Fe-Np (T1)	55,70 ± 0,30 b	3.67 ± 1.15 ab	6 ± 0,61 ab
Zn-Np (T2)	79 ± 6,80 a	3.00 ± 0.00 ab	5,18 ± 0,72 ab
Fe-Np + Zn-Np (T3)	52,20 ± 3, 30 bc	4.67 ± 0.58 a	5,60 ± 1,26 ab
Fe-Q + Zn Q (T4)	36,55 ± 1,55 d	3.33 ± 0.58 ab	6,90 ± 1,50 b

Los resultados difieren a los obtenidos por Erazo (2021) quien en su estudio obtuvo un resultado de 38 a 59 vainas por planta y de 3 a 4 semillas por vaina, con un 19,20% de semilla no comercial, al utilizar nanopartículas y quelatos de 75 mg.L⁻¹.

Rendimiento por Kg.ha⁻¹ del grano de chocho.

Efecto de la fertilización con nanopartículas de Fe y Zn y quelatos de Fe y Zn sobre el rendimiento por Kg/ha de chocho (*L. mutabilis*) variedad I-450 Andino.

Tratamientos	Rendimiento (Kg.ha ⁻¹)
Testigo	1.31 ± 0,17 b
Fe-Np (T1)	1.24 ± 0,19 b
Zn-Np (T2)	1.67 ± 0,14 ab
Fe-Np + Zn-Np (T3)	1.86 ± 0,26 a
Fe-Q + Zn Q (T4)	1.07 ± 0,10 ab

Los resultados difieren a los obtenidos por Erazo (2021), en donde al aplicar nanopartículas de 75 mg.L⁻¹ solo se obtuvo un rendimiento de 823, 89 kg.ha⁻¹

Contenido de clorofila (cci)

Efecto de la fertilización con nanopartículas de Fe y Zn y quelatos de Fe y Zn sobre el rendimiento por Kg/ha de chocho (*L. mutabilis*) variedad I-450 Andino.

Tratamientos	Etapa fenológica		
	Vegetativo	Floración	Reproducción
Testigo	48,23 ± 0,25 bc	58,27 ± 6.27 b	57,83 ± 6.23 b
Fe-Np (T1)	54,07 ± 2,35 a	72,20 ± 11.04 a	62,90 ± 5.48 b
Zn-Np (T2)	46,30 ± 1,20 c	60,47 ± 7.33 ab	60,50 ± 8.29 b
Fe-Np + Zn-Np (T3)	50,23 ± 1,27 b	65,87 ± 0.03 ab	72,13 ± 0.62 a
Fe-Q + Zn Q (T4)	51,93 ± 0,95 ab	53,97 ± 6.23 b	61,67 ± 5.08 b

El cci en plantas de chocho presentó diferencias significativas en la etapa vegetativa, floración y reproductiva, siendo el tratamiento T1 (Fe-Np) el que mayor índice de clorofila presento en la etapa vegetativa y floración, sin embargo, en la etapa reproductiva se pudo visualizar que el tratamiento T3 (Fe-Np + Zn-Np) mostró el mayor índice de clorofila, en comparación con las plantas testigo.

Contenido de ácido indolacético AIA

Efecto de la fertilización con nanopartículas de Fe y Zn y quelatos de Fe y Zn sobre el contenido de AIA (ácido indolacético) en raíces de plantas de chocho (*L. mutabilis*) variedad I-450 Andino en campo.

Tratamientos	AIA (mg.ml ⁻¹)
Testigo	45,32 ± 1,92 b
Fe-Np (T1)	49,12 ± 2,46 b
Zn-Np (T2)	59,21 ± 4,31 a
Fe-Np + Zn-Np (T3)	63,50 ± 6,04 a
Fe-Q + Zn Q (T4)	45,98 ± 2,31 b

Huwasquiche, Moreno, & Jímenes (2020) encontraron la presencia del contenido de AIA en raíces de chocho en una concentración de 40 mg.ml⁻¹, además que el AIA es una hormona vegetal que ayuda a regular diversos procesos del desarrollo vegetal, contribuyendo en el crecimiento radicular y foliar de la planta (Huwasquiche, Moreno, & Jímenes, 2020)

Contenido de Fe, Zn y porcentaje de proteína.

Efecto de la fertilización con nanopartículas de Fe y Zn y quelatos de Fe y Zn sobre el contenido de AIA (ácido indolacético) en raíces de plantas de chocho (*L. mutabilis*) variedad I-450 Andino en campo.

Tratamientos	Fe (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	Proteína (%)
Testigo	72,73 ± 15,05 ab	36.30 ± 3.12 b	54,75 ± 0,05 b
Fe-Np (T1)	112,40 ± 5,94 a	29.60 ± 3.30 b	70,60 ± 0,30 a
Zn-Np (T2)	46,80 ± 28,78 b	46.00 ± 0.00 a	62,25 ± 0,25 ab
Fe-Np + Zn-Np (T3)	61,23 ± 30,58 ab	35,70p ± 4,79 b	57 ± 7,70 b
Fe-Q + Zn Q (T4)	73,10 ± 12,76 ab	34.93 ± 2.28 b	67,83 ± 2,40 a

Basantes (2015), menciona que los niveles pueden estar entre los 78,45 mg.ml⁻¹ y Zn 42,84 mg.ml⁻¹.

Erazo (2021) menciona que al aplicar quelatos y nanopartículas de Fe y Zn 75 mg.L⁻¹ en plantas de chocho, el porcentaje de proteína varía entre 50 a 60%.

Falconi, 2012 menciona que el chocho es considerado una planta leguminosa, caracterizada por tener un alto contenido de proteína.

Conclusiones

- Las plantas fertilizadas con nanopartículas de Fe y Zn a una dosis de 64 mg.L^{-1} , obtuvieron significativamente un mayor crecimiento (156 cm de altura) y rendimiento de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) variedad INIAP-450 Andino en campo, con un total de 1860 kg.ha^{-1} , en comparación con la fertilización de quelatos de Fe y Zn, donde se obtuvo un crecimiento de 150 cm y un rendimiento de 1070 kg.ha^{-1} .
- Al utilizar nanopartículas de Fe y Zn a una dosis de 64 mg.L^{-1} se observó que el contenido de clorofila en hojas de chocho y ácido indolacético (AIA) en raíces fueron mayores (72 cci y $\text{AIA}=63,5 \text{ mg.ml}^{-1}$), que al utilizar quelatos de Fe y Zn donde se obtuvo un contenido de clorofila de $61,67 \text{ cci}$ y un contenido de AIA de $45,98 \text{ mg.ml}^{-1}$.
- En las plantas de chocho al utilizar nanopartículas de Fe y Zn se logró obtener una altura de 156 cm, con 79 vainas, de 4 a 5 semillas por vaina, teniendo estas semillas altos niveles de Fe y Zn ($\text{Fe}=112,40 \text{ mg.Kg}^{-1}$, $\text{Zn}=46 \text{ mg.Kg}^{-1}$) y un alto porcentaje de proteína, con una producción de 1860 kg.ha^{-1} y con un porcentaje bajo de semilla no comercial (6,90%), en comparación con los quelatos donde se obtuvieron resultados inferiores a los expuestos.

Recomendaciones

- Se recomienda utilizar nanopartículas de Fe y Zn a una dosis de 64 mg/L, debido a que el estudio realizado en las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-IASA mostraron resultados positivos con el incremento en el rendimiento y obteniendo un grano de calidad.
- Realizar una investigación similar en plantas de chocho variedad Iniap-450 andino, bajo invernadero y sus resultados obtenidos en cuanto a crecimiento y rendimiento, comparar con los resultados obtenidos en este ensayo.
- Realizar un análisis de suelo previo a la siembra del cultivo, para evitar enfermedades que con el tiempo puedan afectar el ensayo que se desee realizar.

Agradecimientos



Dr. Falconí Saá, Cesar Eduardo. PhD

familia

