



**Efecto de fertilización con Zn y Fe dopadas en nanopartículas sobre el rendimiento y calidad del grano
de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en campo y bajo invernadero**

Erazo Acosta, Arnaldo Alexander

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

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

PhD. Falconí Saá, César Eduardo

10 septiembre de 2021

Reporte de Urkund

Analysed Document: D110835148 Título del trabajo de titulación Efecto de fertilización con Zn y Fe dopadas en nano partículas sobre el rendimiento y calidad del grano de chocho (Lupinus mutabilis Sweet) en campo y bajo invernadero aprobado.pdf (D110835148)
Submitted: Fecha y hora 01.08.2021; 19.36

Document Information

Analyzed document	TESIS ARNALDO ERAZO_final.docx (D110915096)
Submitted	8/1/2021 7:36:00 PM
Submitted by	
Submitter email	cefalconi@espe.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	cefalconi.espe@analysis.orkund.com

Firma:



Firma electrónica por
**CESAR EDUARDO
FALCONI SAA**

PhD. Falconí Saá, César Eduardo
C. C. 0601556459



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“Efecto de fertilización con Zn y Fe dopadas en nano partículas sobre el rendimiento y calidad del grano de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en campo y bajo invernadero”** fue realizado por el Sr. Erazo Acosta, Arnaldo Alexander el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para lo sustente públicamente.

Sangolquí, 29 de julio del 2021

Firma:



Firmado digitalmente por
**CESAR EDUARDO
FALCONI SAA**

PhD. Falconí Saá, César Eduardo
C. C. 0601556459



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Erazo Acosta, Arnaldo Alexander**, con cédula ciudadanía n° 1205362914, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Efecto de fertilización con Zn y Fe dopadas en nanopartículas sobre el rendimiento y calidad del grano de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en campo y bajo invernadero”** 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, 29 de julio del 2021

Firma:

Sr. Erazo Acosta, Arnaldo Alexander

C. C. 1205362914



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Erazo Acosta, Arnaldo Alexander**, con cédula ciudadanía n° 1205362914, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Efecto de fertilización con Zn y Fe dopadas en nanopartículas sobre el rendimiento y calidad del grano de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en campo y bajo invernadero”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 29 de julio del 2021

Firma:

Sr. Erazo Acosta, Arnaldo Alexander

C. C. 1205362914

Dedicatoria

Existen varias personas que estuvieron a mi lado en todo el trayecto académico y que forman parte de mi vida. Es por ello que mi tesis la dedico a ellos.

Mi madre Nancy Acosta, quien con su gran esfuerzo y sacrificio de sacarnos adelante nunca hizo que me faltara nada. Muchos de mis logros se los debo a ella, sin su paciencia y apoyo nunca lo habría logrado.

A Daniel por su paciencia y apoyo incondicional en cada decisión que tomara, porque a pesar de las dificultades que tuve siempre estuvo ahí diciendo que yo sí puedo.

A mi mejor amiga Karla por estar siempre conmigo en la buenas y malas

Finalmente, a mis amigas que conocí en la carrera Valentina, Karen, Daniela y Alicia por todo el apoyo que pudieron brindarme y todos los momentos inolvidables que pasamos en la Universidad

Agradecimiento

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para lograr este objetivo.

A mi familia por todo el apoyo incondicional brindado en el transcurso de mi carrera, por todo el esfuerzo que realizaron para que lograra terminar mi carrera, proporcionándome todo y cada cosa que he necesitado.

A la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por haberme abierto las puertas y así poder estudiar mi carrera universitaria. A mis docentes que brindaron sus conocimientos y apoyo para poder culminar esta carrera.

Al Dr. César Falconí por haberme dado la oportunidad de realizar este proyecto de investigación brindándome siempre su apoyo incondicional y conocimiento científico guiándome así durante todo el desarrollo de mi tesis.

Finalmente, a mis compañeros y amigos que formaron parte de toda esta trayectoria, quienes con su amistad y apoyo moral motivaron en mí esas ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

Índice de Contenidos

Carátula.....	1
Reporte de Urkund.....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de Contenidos.....	8
Índice de Tablas.....	13
Índice de Figuras.....	14
Resumen.....	15
Abstract.....	16
Capítulo I.....	17
Introducción.....	17
Antecedentes.....	17
Justificación.....	18
Objetivos.....	19
<i>Objetivo General</i>	19
<i>Objetivos Específicos</i>	19
Planteamiento del problema.....	19
<i>El problema</i>	20
<i>Causas</i>	20

<i>Efectos</i>	20
Hipótesis.....	21
Capítulo II.....	22
Revisión de Literatura.....	22
Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>)	22
<i>Cultivar de chocho</i>	22
Requerimientos del cultivo.....	22
Etapas fenológicas del cultivo.....	22
<i>Emergencia</i>	22
<i>Cotiledonar</i>	22
<i>Desarrollo</i>	22
<i>Floración</i>	22
<i>Reproductivo</i>	22
<i>Envainamiento</i>	23
<i>Cosecha</i>	23
Composición química del grano.....	23
Rotación de cultivos.....	25
<i>Labores del cultivo</i>	25
Semilla.....	25
Preparación del suelo.....	25
Control de malezas.....	25
Fertilización.....	26
Cosecha.....	26

	10
<i>Eliminación de alcaloides.....</i>	26
<i>Aplicaciones de los alcaloides del chocho.....</i>	26
<i>Rendimiento del cultivo.....</i>	26
<i>Quelatos de Fe y Zn.....</i>	27
<i>Hierro.....</i>	27
<i>Quelatos de Fe.....</i>	27
<i>Fe- EDTA.....</i>	27
<i>Fe-DTPA.....</i>	27
<i>Fe-EDDHA.....</i>	27
<i>Zinc.....</i>	27
<i>Quelatos de Zn.....</i>	28
<i>Nanopartículas.....</i>	28
Capítulo III.....	30
 Materiales y Métodos.....	30
 Ubicación del lugar de investigación.....	30
<i>Ubicación Política.....</i>	30
<i>Ubicación Geográfica.....</i>	30
<i>Ubicación ecológica.....</i>	30
<i>Descripción del terreno e invernadero.....</i>	31
<i>Descripción del invernadero.....</i>	31
<i>Materiales.....</i>	31
<i>Materiales de campo.....</i>	31
<i>Materiales de laboratorio y reactivos.....</i>	31

<i>Equipos.....</i>	32
<i>Métodos.....</i>	32
<i>Preparación de nanopartículas dopadas de Fe y Zn.....</i>	32
<i>Aplicación de tratamientos.....</i>	32
<i>Parcelación.....</i>	34
<i>Fase de invernadero y campo.....</i>	34
<i>Fase de laboratorio.....</i>	36
<i>Calidad del grano.....</i>	36
Color, brillo y forma.....	36
Rendimiento.....	36
Contenido de proteína, Fe y Zn.....	36
Proteína.....	37
Niveles de Fe y Zn.....	37
<i>Diseño experimental.....</i>	38
Tipo de diseño experimental.....	38
Unidad experimental.....	38
Factores y tratamientos.....	39
Análisis estadístico.....	40
Análisis funcional.....	40
Variables medidas en el campo.....	40
Número total de vainas en el tallo principal y ramas laterales.....	40
Número de semillas por vaina.....	40
Porcentaje de semilla no comercial.....	40

<i>Croquis experimental</i>	41
Bajo invernadero.....	41
En campo.....	41
Capítulo IV.....	42
Resultados y Discusión.....	42
Variables a medir en el campo e invernadero.....	42
<i>Número total de vainas en el tallo principal y ramas laterales</i>	42
<i>Número de semillas por vaina</i>	43
<i>Porcentaje de semilla no comercial</i>	44
<i>Rendimiento por Kg/ha del grano de chocho</i>	45
Variables a medir en laboratorio.....	48
<i>Niveles de Fe (mg/Kg) en semillas de chocho de plantas en campo e invernadero</i>	48
<i>Niveles de Zn (g/Kg) en semillas de chocho de plantas en campo e invernader</i>	49
<i>Porcentaje de N en semillas de chocho de plantas en campo e invernadero</i>	51
Capítulo V.....	53
Conclusiones y Recomendaciones.....	53
Conclusiones.....	53
Recomendaciones.....	54
Bibliografía.....	55

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Análisis bromatológico del chocho amargo y desamargo.....</i>	24
Tabla 2 <i>Días después de la siembra en los que se aplicaron los tratamientos.....</i>	35
Tabla 3 <i>Factores y tratamientos de los experimentos de invernadero y campo.....</i>	39
Tabla 4 <i>Efecto de Fe y Zn dopados en nanopartículas y fertilización quelatada sobre el número de vainas por planta de chocho (L. mutabilis) variedad I-450 Andino en campo e invernadero.....</i>	43
Tabla 5 <i>Efecto de Fe y Zn dopados en nanopartículas y fertilización quelatada sobre el número de semillas por vaina de chocho (L. mutabilis) variedad I-450 Andino en campo e invernadero.....</i>	44
Tabla 6 <i>Efecto de Fe y Zn dopados en nanopartículas y fertilización quelatada sobre el porcentaje de semilla no comercial de chocho (L. mutabilis) variedad I-450 Andino en campo e invernadero.....</i>	45
Tabla 7 <i>Efecto de Fe y Zn dopados en nanopartículas y fertilización quelatada sobre el rendimiento por kg/ha de chocho (L. mutabilis) variedad I-450 Andino en campo e invernadero.....</i>	46
Tabla 8 <i>Efecto de Fe y Zn dopados en nanopartículas y fertilización quelatada sobre los niveles de Fe (mg/Kg) en semillas de chocho (L. mutabilis) variedad I-450 Andino en campo e invernadero.....</i>	48
Tabla 9 <i>Efecto de Fe y Zn dopados en nanopartículas y fertilización quelatada sobre los niveles de Zn (g/Kg) en semillas de chocho (L. mutabilis) variedad I-450 Andino en campo e invernadero.....</i>	50
Tabla 10 <i>Efecto de Fe y Zn dopados en nanopartículas y fertilización quelatada sobre los porcentajes de N en semillas de chocho (L. mutabilis) variedad I-450 Andino en campo e invernadero.....</i>	52

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Etapas fenológicas del cultivo de chocho durante su desarrollo. tomado de fases fenológicas de tarwi lupinus mutabilis sweet</i>	23
Figura 2 <i>Fotografía del lugar de investigación</i>	30
Figura 3 <i>Producto comercial usado como tratamiento quelatado (quelato de hierro)</i>	33
Figura 4 <i>Producto comercial usado como tratamiento quelatado (quelato de zinc)</i>	33
Figura 5 <i>Lavado y secado del grano de chocho</i>	36
Figura 6 <i>Grano de chocho molido</i>	36
Figura 7 <i>Distribución de los tratamientos bajo invernadero</i>	41
Figura 8 <i>Distribución de los tratamientos en campo</i>	41

Resumen

En la presente investigación se evaluó el efecto de dos dosis de Fe y Zn, quelatadas y dopadas en nanopartículas con el objetivo de mejorar el rendimiento y calidad del grano de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en campo y bajo invernadero. La semilla de chocho utilizada en el experimento fue la variedad INIAP – 450 Andino, los tratamientos con fertilización foliar quelatada con dosis de 83333 y 125000 ppm y nanopartículas con dosis de 50 y 75 ppm fueron aplicados en diferentes estados fenológicos del cultivo: desarrollo, vegetativo, floración y envainamiento. Las fuentes quelatadas fueron Trazex de Zn y Trazex de Fe, en cuanto a las nanopartículas fueron extraídas a partir de bagazo de caña agregando los micronutrientes en estudio (Fe y Zn) manteniendo una proporción de 10: 1 (p / v). Las variables de estudio fueron número de vainas por planta, número de semillas por vaina, porcentaje de semilla no comercial, rendimiento de semillas en kg/ha, niveles de Fe (mg/Kg), niveles de Zn (g/Kg) y porcentaje de N en semillas de chocho. Para el diseño experimental se aplicó un DCA (Diseño Completamente al Azar). Se registró que la aplicación de fertilizante de Fe + Zn dopados en nanopartículas a una dosis baja influyó positivamente en su rendimiento y calidad del grano de chocho, mientras que dosis altas generaron un efecto fitotóxico en las plantas. Se determinó que el porcentaje de semillas no comercial se ve reducida en las plantas fertilizadas con Fe + Zn dopados de nanopartículas con una dosis de 50 mg. L⁻¹ y su rendimiento fue mayor en relación con las plantas sin tratar y con una dosis de 75 mg. L⁻¹. Los altos rendimientos se deben a la eficiencia que tienen las nanopartículas al ser aprovechadas de una manera lenta y eficaz siendo un método amigable con el medio ambiente.

Palabras clave: Chocho, Fertilización, Nanopartículas, Quelatos, Rendimiento.

Abstract

In this research we evaluated the effect of two doses of Fe and Zn, chelated and doped in nanoparticles with the aim of improving the yield and quality of the chop (*Lupinus mutabilis* Sweet) in field and under greenhouse. The chop seed used in the experiment was the variety INIAP - 450 Andino, treatments with chelated foliar fertilization with doses of 5 and 7.5 g.L⁻¹ and nanoparticles with doses of 50 and 75 mg.L⁻¹ were applied in different phenological states of the crop: development, vegetative, flowering and sheathing. The chelated sources were Trazex of Zn and Trazex of Fe, as for the nanoparticles were extracted from cane bagasse adding the micronutrients under study (Fe and Zn) maintaining a ratio of 10: 1 (p / v). The study variables were number of pods per plant, number of seeds per pod, percentage of non-commercial seed, seed yield in kg/ha, Fe levels (mg/Kg), Zn levels (g/Kg) and percentage of N in chop seeds. For the experimental design a DCA (Completely Random Design) was applied. It was reported that the application of Fe + Zn fertilizer doped in nanoparticles at a low dose positively influenced its yield and quality of chop grain, while high doses generated a phytotoxic effect in plants. It was determined that the percentage of non-commercial seeds is reduced in plants fertilized with Fe+Zn doped nanoparticles with a dose of 50 mg. L⁻¹ and its yield was higher in relation to untreated plants and with a dose of 75 mg. L⁻¹. The high yields are due to the efficiency that the nanoparticles have to be used in a slow and effective way being a friendly method with the environment.

Keywords: *Chop, Fertilization, Nanoparticles, Chelates, Yield*

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

El chocho es una leguminosa conocida por su rusticidad y adaptabilidad a medios ecológicos secos, así como su alto valor nutritivo (Villacrés, Rubio, Egas, & Segovia, 2006) Gracias a su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico el cultivo se puede asociar con maíz, papa, melloco, entre otros cultivos (Caicedo & Peralta, 2001).

En Ecuador el cultivo de chocho generalmente se encuentra en provincias con alturas entre 1500 y 3600 m.s.n.m como: Carchi, Imbabura, Pichincha, Chimborazo, Cotopaxi, Tungurahua y Bolívar (Villacrés, Rubio, Egas, & Segovia, 2006). Según el INEC (2001), la provincia con mayor superficie cosechada es Cotopaxi con 2121 ha seguida por la provincia de Chimborazo con 1013 ha.

La fertilización de chocho debe realizarse en función de los resultados del análisis de suelo. Sin embargo, se recomienda fertilizar a la siembra en suelos arenosos con 30 a 60 kg por hectárea de P_2O_5 , lo cual se puede cubrir usando 65 a 130 kg por hectárea de 18-46-0. Si existe deficiencias de micronutrientes se realizan aplicaciones foliares (Peralta, Mazón, Murillo, Rivera, & Monar, 2008).

Hoy en día, una forma alternativa de mejorar el aprovechamiento de los nutrientes por parte de las plantas es el uso de la nanotecnología, ya que tiene un gran número de aplicaciones potenciales en la agricultura. A partir de la escala nanométrica, se puede obtener una mayor eficiencia en el uso de plaguicidas, reduciendo así la dosis requerida, lo que significa la mejora del medio ambiente. (Intagri, 2019).

El hierro (Fe) y el zinc (Zn) juegan un papel importante en el desarrollo de las plantas de

chocho porque interfieren con la actividad de las enzimas vegetales y la formación y síntesis de clorofila (Mollar, 2017). La deficiencia de zinc en *L. mutabilis* generalmente ocurre a los 45 días y la clorosis entre las venas ocurre en las hojas jóvenes. Por otro lado, las hojas jóvenes de las plantas de chocho deficientes en hierro presentan clorosis, generalmente unos 30 días, con el avance de la deficiencia, aparecen manchas necróticas en los lóbulos desde la punta hasta la base, y los pecíolos son cortos y delgados, y amarillo claro. (Caicedo & Peralta, 2001).

Justificación

El chocho (*L. mutabilis*) se caracteriza por contener proteínas, grasas, carbohidratos, minerales y fibra, lo que determina su valor e importancia en la nutrición humana, por lo que es considerado como un producto estratégico de la soberanía alimentaria ecuatoriana (Peralta, Mazón, Murillo, Rivera y Monar, 2008). El rendimiento del chocho ecuatoriano es de unos 200 a 300 kg / ha, y el rendimiento para el mercado local es muy bajo, debido a que no todos los productores tienen acceso al desarrollo científico, capacitación y seguimiento técnico para mejorar la productividad y la calidad (Falconí, 2012).

El obtener semillas de buena calidad (Falconi y Yáñez, 2019; Falconi y Yáñez, 2018) hace que el productor se beneficie económicamente, es por ello que se busca mejorar la calidad del grano de chocho fertilizando las plantas con micronutrientes; ya sea de una manera clásica usando quelatos de Fe y Zn, los cuales son sustancias micro granuladas que se pueden disolver para solventar los problemas que muchas veces tienen las plantas de no poseer los niveles suficientes de estos micronutrientes (Forero, 2015), o usar nanopartículas de hierro y zinc, ya que estos fertilizantes se liberan de forma lenta y controlada en toda la planta. Por tanto, los fertilizantes dopados en nanopartículas se convierten en una alternativa sustentable para generar mayor producción en el campo (Reyes, 2019).

La aplicación de fertilizantes dopados con nanopartículas contribuirá al desarrollo sostenible de los cultivos, porque la nanoestructura permitirá controlar la tasa de liberación de nutrientes de modo que solo se libere la cantidad consumida por la planta. Además de proporcionar una buena nutrición a los cultivos, esto también aumentará la eficiencia del uso de fertilizantes y reducirá la lixiviación y otras formas de pérdida de fertilizantes. (Intagri, 2019).

Los resultados obtenidos de este estudio permitirán que los agricultores conozcan si la aplicación de nanopartículas biofortifica o no el cultivo. Así mismo, si se obtienen altos rendimientos y rentables para los agricultores, con el fin de contribuir al desarrollo sustentable del cultivo de chocho en Ecuador.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de Fe y Zn quelatados y dopados en nanopartículas, sobre el rendimiento y calidad del grano de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en campo y bajo invernadero.

Objetivos Específicos

Determinar el efecto de dos dosis de Fe y Zn, quelatados y dopadas en nanopartículas sobre el rendimiento de chocho.

Cuantificar los índices de calidad del grano de tratamientos con Fe y Zn quelatados y dopadas en nanopartículas mediante análisis de laboratorio.

Planteamiento del problema

Los rendimientos promedios de grano de chocho por hectárea que se obtienen en cultivos comerciales desarrollados en el país, son comparativamente bajos en relación a los obtenidos en otros países, donde se alcanza entre 1,5 a 2,2 t/ha, es por ello que para asegurar el manejo de

grandes extensiones es necesario aplicar tecnologías de la agricultura de precisión que consiste en aplicar la cantidad correcta de insumos, en el momento adecuado y en el lugar exacto, esto permitirá un mayor rendimiento y calidad en las cosechas (Garcia & Flego, 2008; Falconi, 2012)

Estos problemas de producción se deben al poco conocimiento de los agricultores sobre alternativas para combatir enfermedades y sobre todo al deficiente uso de nutrientes, entre ellos Fe y Zn en la producción de chocho. Una nueva forma de mejorar el desarrollo del cultivo de chocho es el uso de nanofertilizantes ya que no son tóxicos, minimizan los costos de producción y aumentan la eficiencia del uso de nutrientes. Además, mejoran el contenido nutricional del cultivo, el crecimiento de las plantas, su resistencia a las enfermedades y la calidad del sabor del producto (Tecnoviv, 2018).

El problema

Los bajos rendimientos y baja calidad del grano de chocho

Causas

Poco conocimiento de las nuevas prácticas sustentables para la fertilización de chocho.
El excesivo uso de productos químicos en el cultivo.

Uso inadecuado de fertilizantes y mal asesoramiento de las casas comerciales de dichos productos.

Falta de transferencia de tecnología hacia los agricultores acerca de métodos de fertilización.

Poca divulgación de conocimientos en el sector rural.

Efectos

Bajos ingresos económicos por parte del productor.

Insuficiente producción de chocho para abastecer al mercado local.

Afecta la seguridad alimentaria del Ecuador sobre todo a personas de escasos recursos económicos.

Hipótesis

HO: La aplicación de nanopartículas de Fe y Zn no tiene respuesta en el rendimiento y calidad del grano de chocho *L. mutabilis*.

H1: La aplicación de nanopartículas de Fe y Zn tiene respuesta en el rendimiento y calidad del grano de chocho *L. mutabilis*.

Capítulo II

Revisión de Literatura

Chocho (*Lupinus mutabilis*)

Cultivar de chocho

Requerimientos del cultivo. El cultivo de chocho tiene un fotoperiodo indiferente, es decir de días cortos, y se cultiva en condiciones secas a una altitud de 200 a 3850 metros, con precipitaciones de 300 a 600 mm anuales. La temperatura debe fluctuar entre 7 a 14 °C (Caicedo & Peralta, 2001). Las plantas de chocho se adaptan muy bien a suelos de textura gruesa y arenosa de laderas, crecen en suelos con pH mayor a 7.0 pero puede mostrar clorosis, situación que puede verse influenciado por la deficiencia de hierro (Tapia, 2015).

Etapas fenológicas del cultivo. Las etapas fenológicas son las que determinan los diferentes estados vegetativos de la planta desde la siembra hasta la cosecha Gross (1982).

Emergencia. Comienza entre el cuarto y décimo día. Los cotiledones emergen del suelo

Cotiledonar. Entre décimo y décimo quinto día los cotiledones comienzan a abrirse horizontalmente a ambos lados, brotan los primeros folíolos envueltos en el eje central.

Desarrollo. El desarrollo es considerado desde el surgimiento de hojas verdaderas hasta la inflorescencia (30 días). El tallo se caracteriza por su vigor y tamaño, ya que fluctúa de 0,50 a 2,5 m, con un promedio de 1,80 m (Caicedo & Peralta, 2001).

Floración. Comienza la apertura de flores (61-180 días). La inflorescencia es de racimo terminal flores dispuestas a verticilos, presenta mayor longitud en el eje principal y disminuye progresivamente en los ejes laterales. Se pueden encontrar más de 60 flores, sin embargo no todas ellas llegan a formar fruto (Caicedo & Peralta, 2001).

Reproductivo. La etapa reproductiva se considera desde el inicio de la floración hasta la

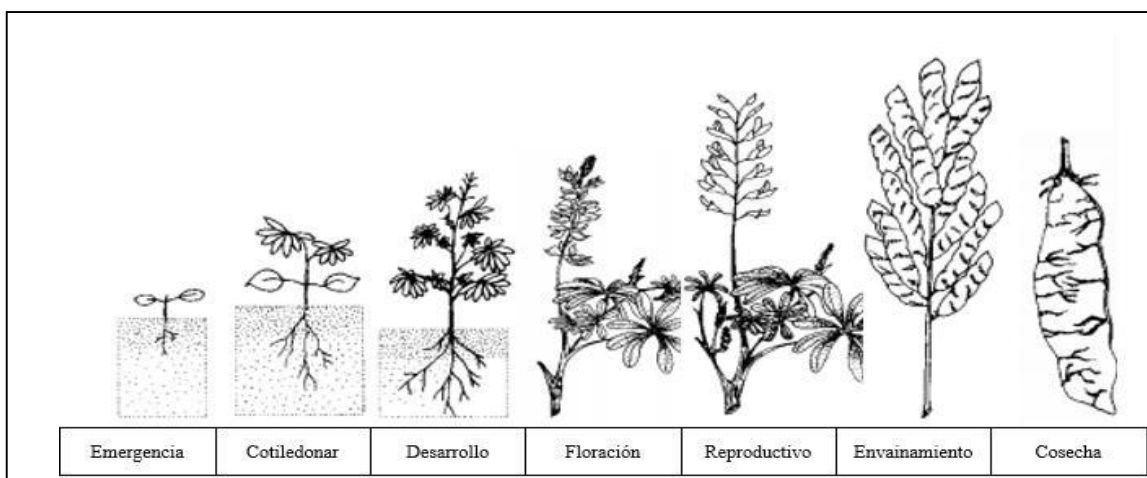
completa maduración de la vaina (10-210 días).

Envainamiento. Formación de vainas aproximadamente de 5 a 12 cm de longitud (120-210 días). Las vainas pueden contener hasta 9 semillas (Caicedo & Peralta, 2001).

Cosecha. Grano seco, la planta ha alcanzado la madurez

Figura 1

*Etapas fenológicas del cultivo de chocho durante su desarrollo. Tomado de Fases Fenológicas de Tarwi *Lupinus mutabilis* Sweet*



Fuente: (Yzarra & Lopez, 2012)

Composición química del grano. Es importante conocer el valor nutritivo de este producto ya que, incentiva el crecimiento corporal en los niños y mantiene sano el sistema nervioso de los adultos, además ayuda a combatir el colesterol (Anónimo, 2008).

El *Lupinus mutabilis* contiene un alto contenido de proteína y aceite, el grano amargo debido a la presencia de alcaloides quinolizidinicos contiene un promedio 42% de proteína, en base seca; sin embargo, el proceso de desamargo (eliminación de alcaloides), permite concentrar aún más el contenido de este nutriente, registrando hasta 51% en base seca. Así mismo, el grano contiene elevados niveles de aceites que comprenden entre 18 a 22% destacando los ácidos grasos; 40% de ácido oleico, 10% de linoleico y 2,90% de linolénico

(Villacres, Rubio, Egas, & Segovia, 2006).

Tabla 1

Análisis bromatológico del chocho amargo y desamargo

Componente	Chocho amargo	Chocho desamargo
% Proteína	47,8	54,05
% K	1,22	0,02
% Mg	0,24	0,07
% Ca	0,12	0,48
% P	0,6	0,43
Fe (mg/Kg)	78,74	74,25
Zn (g/Kg)	42,84	63,21
Mn (ppm)	36,72	18,47
Cu (ppm)	12,65	7,99

Fuente: (Villacres, Rubio, Egas, & Segovia, 2006).

Los micronutrientes que sobresalen son el hierro con 78,74 ppm y el Zinc con 42,84 ppm; minerales que ayudan a la resistencia contra enfermedades (Villacres, Rubio, Egas, & Segovia, 2006). Villacreses (2011), reportó niveles de 50 mg/kg de Fe y 36 g/kg de Zn.

El programa “Mejora de la cadena productiva de chocho (*Lupinus mutabilis*) en el Ecuador” promueve al desarrollo sostenible de la producción de esta leguminosa, abasteciendo de alimentos en buena calidad que sirven para la alimentación de los productores en las zonas andinas del Ecuador y contribuye a satisfacer la demanda de más de 3’000.000 de consumidores urbanos (Falconi, 2012).

Rotación de cultivos. Esta actividad puede mantener la fertilidad del suelo y romper el ciclo de vida de muchos patógenos que causan la pudrición de las raíces. En el cultivo de chocho Caicedo & Peralta (2001), recomiendan rotar con cereales (cebada, centeno, quinua, maíz, etc.) y cultivos de tubérculos como papa. Por otro lado, no recomiendan sembrar chocho en monocultivo durante más de dos años consecutivos.

Labores del cultivo

Semilla. Cuando existe un problema de enfermedad de las raíces, se recomienda desinfectar las semillas con Carboxin + Captan (Vitavax 300) al sembrar, 1 a 2 gramos por kilogramo de semillas o utilizar Trichoderma en el suelo. (Caicedo & Peralta, 2001).

Preparación del suelo. Para preparar el suelo, el trabajo se realiza con tractores, yunta o manualmente y con arada, rastrada, cruzada y surcada. El número de tareas dependerá del terreno, topografía y cultivos anteriores, pero deben hacerse con anticipación para incorporar los restos de la cosecha anterior y malezas puedan incorporarse al suelo (Caicedo & Peralta, 2001).

Caicedo & Peralta (2001), recomiendan que los chochos se siembren con labranza cero o mínima, en donde el sistema de producción incluye pastos esto con el fin de reducir los costos de producción y los problemas del suelo como la erosión eólica e hídrica.

Control de malezas. Se debe controlar por primera vez la maleza entre los 30 y 45 días después de la siembra y luego realizar un aporque a los 60 días, el mismo que sirve como segunda deshierba. Estas actividades ayudan a la aireación de las raíces y favorecen el crecimiento de la planta. Al realizar siembras comerciales se recomienda usar un control químico pre emergente con metribuzina 600g en 400 L/ha sobre el suelo húmedo (Caicedo & Peralta, 2001).

Fertilización. Es recomendable aplicar de 30 a 60 kg de fósforo por hectárea a la siembra y abono foliar antes de la floración (Caicedo & Peralta, 2001). Luego de realizar un análisis de suelo, es recomendable aplicar 60 Kg/Ha de P_2O_5 (fósforo) a la siembra, lo cual se cubre con 130 kg/ha de 18-46-0 (INIAP, 2014). Se usaron pocas cantidades de N, ya que el chocho acumula grandes cantidades de nitrógeno (400 a 900 kg/ha), esto proviene en su mayor parte de la fijación biológica de nitrógeno atmosférico (Rivadeneira J. , 1999).

Cosecha. La cosecha se realiza cuando las plantas o racimos están completamente secos. Para grano comercial es recomendable cortar los racimos de vainas con hoz o manualmente y para semillas, se deben seleccionar plantas sanas y cosechar por separado los ejes centrales (Caicedo & Peralta, 2001).

Eliminación de alcaloides

Se realizan tres procesos: hidratación por 14 horas, cocción por 40 minutos y desamargo por 4 días. En los procesos se recomienda utilizar agua limpia y siempre hervir por 10 minutos el grano antes de consumir (Caicedo & Peralta, 2001).

Aplicaciones de los alcaloides del chocho. Los alcaloides del chocho poseen una gran actividad biológica, es por ello que su extracción se ha utilizado con fines industriales farmacéuticos y agronómica (Villacres, y otros, 2009). Se han realizado varios estudios con la extracción de alcaloides enfocados en el campo agronómico y se ha determinado que el uso de alcaloides puede ser utilizado como bactericida, fungicida y nematocida (Villacres, y otros, 2009).

Rendimiento del cultivo

Es la relación en kg de semilla producida y el área en ha, el rendimiento comercial puede variar entre 800 a 1200 kg.ha⁻¹ dependiendo de la variedad y el manejo del cultivo (Peralta, Mazón, Murillo, Rivera, & Monar, 2008).

Quelatos de Fe y Zn

Hierro. El hierro es un micronutriente fundamental para el desarrollo de las plantas, ya que interviene en la síntesis de clorofila, protege la estructura de los cloroplastos y la actividad enzimática (Intagri, 2019). El hierro, es el elemento más abundante en el suelo, sin embargo, gran parte se encuentra en forma de minerales como hidróxidos de hierro y silicatos u óxidos, formas que no son asimiladas por las plantas, ocasionando deficiencias y provocando clorosis en las hojas más jóvenes debido a la escasa movilidad en la planta (Herrero, 2015).

La deficiencia de hierro afecta principalmente a las hojas más jóvenes, volviéndolas amarillas, desde la punta hasta la base, volviéndolas amarillas, desde la punta de la hoja hacia dentro, excepto los nervios que seguirán teniendo su color natural. Si no existe un control adecuado las hojas se arrugarán y caerán (Sanchez, 2013).

Quelatos de Fe. Es un microgranulado soluble, usado para la corrección de la clorosis férrica (Forero, 2015). Mollar (2017), señala tres tipos de quelatos de hierro usados en la fertilización de plantas.

Fe-EDTA. Es estable en un pH inferior a 6.0, mientras que a un pH superior a 6.5, casi el 50% del hierro no se encuentra disponible, es decir su eficiencia es limitada en suelos alcalinos.

Fe-DTPA. Es estable en niveles de pH de hasta 7.0, y no es susceptible al desplazamiento de Fe por Ca.

Fe-EDDHA. Se mantiene estable en niveles de pH altos como 11.0, es la forma de quelato más cara en el mercado.

Zinc. Es un micronutriente que participa en la activación de enzimas encargadas de la síntesis de ciertas proteínas. Además, interviene en la formación de clorofila, varios carbohidratos, y en la conservación de almidones en azúcares. La presencia del zinc en el tejido

foliar ayuda a las plantas a resistir bajas temperaturas, participa en la formación de auxinas, mismas que ayudan a la regulación del desarrollo y la elongación del tallo (Chen, 2018).

La deficiencia de zinc afecta a las hojas nuevas, esto se debe a que el elemento es inmóvil dentro de la planta. Algunos de los síntomas, se presentan como un patrón inconsistente de clorosis (a menudo intervenal) en las hojas nuevas. Además, pueden presentarse manchas necróticas en las orillas o en las puntas de las hojas. Las hojas nuevas tienen un menor tamaño generalmente torcidas hacia arriba o deformes; los entrenudos se acortan, dándole a la planta un aspecto de escarapela; se presenta un desarrollo pobre de los botones, haciendo que se reduzcan las ramificaciones (Chen, 2018).

Quelatos de Zn. La efectividad del uso de quelatos de zinc depende del manejo del pH en la solución a aplicar, para garantizar la estabilidad del quelato. Antes de realizar una aplicación foliar de cualquier producto fertilizante es recomendable realizar pruebas previas. Las dosis recomendadas de Zn-EDTA varían de 1 a 1,5 kg/ha del producto a una concentración menor del 1% (1g/l), esto depende del tipo de cultivo. (Castellanos & Rodriguez, 2014).

Nanopartículas

Al usar nanopartículas se puede obtener una mayor eficiencia en el uso de agroquímicos. Hoy en día, la nanotecnología es usada en varias áreas una de ellas es área de la nutrición vegetal, ya que se obtiene una mayor seguridad de aplicación debido a la escala (fertilización localizada), las nanoestructuras permiten controlar la velocidad de liberación de nutrientes para que sólo se libere lo que la planta requiere. Además, de una buena nutrición en los cultivos, brinda una mejor eficiencia en el uso de los fertilizantes, reduciendo las lixiviaciones y otras formas de pérdida de fertilizantes por consiguiente reduce los costos de producción (Intagri, 2019).

Según Intagri (2019), algunos reportes indican que las nanopartículas de óxido de zinc (menores a 100 nm) usadas en cultivos de pepino, maní, coliflor, tomate y chícharo ayudaron a incrementar la eficiencia en el uso de zinc por los cultivos.

Las nanopartículas metálicas resultan tóxicas en cualquier célula, es por ellos que se debe manejar cuidadosamente las concentraciones al momento de ser utilizadas como fertilizante. Vera (2015), recomienda aplicar dosis de hasta 15 ppm de un fertilizante metálico ya que, la planta puede presentar estrés oxidativo con dosis superiores.

Capítulo III

Materiales y Métodos

Ubicación del lugar de investigación

Ubicación Política

La investigación se llevó a cabo en las parcelas experimentales de la carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia San Fernando.

Figura 2

Fotografía del lugar de investigación



Nota: Recuperado de Google Maps, 2021

Ubicación Geográfica

Longitud: 78°24'44"O

Latitud: 0°23'20"S

Altitud: 2.750 m.s.n.m.

Ubicación ecológica

La Hacienda el Prado se encuentra en la zona de vida Bosque Húmedo Montano con una temperatura promedio anual de 13,89°C, precipitación de 1285mm/año y humedad relativa

promedio de 69,03%.

Descripción del terreno e invernadero

El proyecto se realizó en el área de parcelas del cultivo de chocho de la Hacienda el Prado Según Basantes et al (2020) el suelo presenta un perfil edáfico del tipo Ap/Bt, con una densidad aparente menor a $1,18 \text{ g.cm}^{-3}$, su textura es franco arenoso ligeramente ácida y con contenido medio de materia orgánica.

Descripción del invernadero

Así mismo, el proyecto se realizó en el invernadero asignado al área de Fitopatología, lugar accesible y estático, donde se puede acceder fácilmente a pie, dotado de una cubierta exterior de plástico, logrando controlar la temperatura, humedad y otros factores ambientales que contribuyeron a generar un microclima (INNST, 2021)

Materiales

Materiales de campo

Azadones, azadillas, rastrillos, mochilas de aspersión, motoguadañas, hoces, sacos, piolas y estacas. Agroquímicos: insecticidas Profenofos (Curacron) y 6,7,8,9,10,10-hexacloro-1,5,5a,6,9,9a-hexahidro-6-9-metano-2,4,3-benzodioxatien-3-óxido (Endosulfan), fungicida azoxystrobin (Quadris), fertilización de 18-46-0, nanopartículas dopadas de Fe y Zn y semillas de chocho *Lupinus mutabilis* variedad I.450 Andino.

Materiales de laboratorio y reactivos

Vasos de precipitación de 250 mL, pinzas, agitador, tubos de ensayo, gradilla, matraces redondos de 500 mL, probetas de 1000 mL, pie de bureta, balón aforado de 50 mL, papel de filtro, jabón neutro, utensilios de limpieza. Reactivos: ácido clorhídrico, catalizador Kjeldahl, hidróxido de sodio, ácido bórico, ácido sulfúrico, lugol y gas acetileno.

Equipos

Equipo Kjendahl, digestor Kjeldahl. cámara, computadora, balanza analítica, tanque de acetileno, mufla, horno.

Métodos***Preparación de nanopartículas dopadas de Fe y Zn***

Se preparó una solución de $\text{FeCl}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (cloruro férrico) a 0,5 M en un matraz de 500 ml conectado con una manguera de gas nitrógeno. Se agregaron cada uno de los metales manteniendo una proporción de 10: 1 (p / v), se agitó durante 15 min hasta la completa disolución de sales. Posteriormente se agregó la cantidad correspondiente de etilenglicol y se continuó con la agitación hasta obtener una solución homogénea (Mendez Arguello, y otros, 2016). La formación de un precipitado oscuro en el matraz fue indicativo de la formación de nanopartículas Fe y Zn, respectivamente. Finalmente, se secó por evaporación el material precipitado utilizando una placa caliente (Murgueitio, Debut, Landivar, & Cumbal, 2016).

Aplicación de tratamientos

Todos los tratamientos se aplicaron mediante un atomizador al follaje hasta punto de escorrentía, en 10 plantas por unidad experimental.

Se usaron dos concentraciones de nanopartículas una de 50 ppm y otra de 75 ppm. Se usaron estas dosis ya que concentraciones superiores a 80 ppm tienen un efecto fitotóxico en plantas (Mendez, Lira, & Vera, 2015).

Para la aplicación de quelatos se siguieron las recomendaciones del producto comercial 83333 ppm y 125000 ppm

Figura 3

Producto comercial usado como tratamiento quelatado (quelato de Hierro)



COMPOSICION PORCENTUAL:	Porcentaje en peso
Fierro (Fe):.....	6.0%
Manganeso (Mn):	6.0%
Zinc (Zn)	6.0%
Boro (B)	2.0%
Cobre (Cu)	3.0%
L-aminoácidos	3.0%
Extracto de origen orgánico.....	2.0%

Figura 4

Producto comercial usado como tratamiento quelatado (quelato de Zinc)



COMPOSICION PORCENTUAL:	Porcentaje en peso
Fierro (Fe):.....	6.0%
Manganeso (Mn):	6.0%
Zinc (Zn)	6.0%
Boro (B)	2.0%
Cobre (Cu)	3.0%
L-aminoácidos	3.0%
Extracto de origen orgánico.....	2.0%

Parcelación

El terreno fue dividido en parcelas de 6 m² (3 m de ancho por 2 de largo), considerando una distribución que responda a la evaluación del rendimiento de grano de chocho por efecto de 4 fertilizaciones más un testigo con tres repeticiones. Este experimento se realizó bajo invernadero y en campo, estableciendo 30 parcelas en total.

Fase de invernadero y campo

El suelo del invernadero se removió mediante un azadón y; se realizaron seis surcos con una separación de 0.8 m. La siembra se realizó depositado tres semillas por golpe a 0.35 m de distancia entre golpe y a una profundidad de 0.2 m. El riego se realizó por gravedad.

Para el trazado del ensayo de campo se usó una surcadora. Los surcos tuvieron una separación de 0,8 m. La siembra y distancia entre golpe y profundidad fue similar al ensayo en invernadero.

Durante el desarrollo del cultivo se regó por 2 h cada ocho días desde la siembra hasta el llenado de la vaina, se procedió a deshierbar cada 35 días y dos aporques a los 60 y 120 días. El monitoreo se realizó en 10 plantas por unidad experimental, las plantas seleccionadas al azar fueron marcadas con cintas de colores según el tratamiento.

A los 30 días se aplicó en insecticida Curacron (Profenofos 960 g.L⁻¹) a una dosis de 1 ml.L⁻¹ para controlar el gusano alambre (*Agriotes* sp). INIAP (2001), recomienda que el cultivo de chocho necesita una fertilización de 60 kg de P, lo cual es cubierto con 130 kg de 18-46-0, es por ello que los 180 m² usados como área total del ensayo se fertilizaron con 0,42 Kg de N y 1,07 Kg de P, lo cual fue cubierto por 2,34 Kg de 18-46-0, una fertilización básica directamente al surco, al frente de cada golpe para luego ser incorporado.

A los 60 días de la etapa de crecimiento cuando recién apareció el racimo floral se aplicó

Quadris (Azoxistrobin) a una dosis de 2.5 g.L⁻¹.

A los 90 días después de la siembra se realizó un control preventivo de insectos con endosulfan (6,7,8,9,10,10-hexacloro-1,5,5a,6,9,9a-hexahidro-6-9-metano2,4,3-benzodioxatíepin 3-óxido) a una dosis de 0.6 L.ha⁻¹.

Al día 140 se aplicó Kañon Plus (cipermetrina 200g.Kg⁻¹) a una dosis de 0.8 ml.L⁻¹ para el control del gusano de la semilla.

Al día 160 de la siembra se cosecharon las vainas del tallo principal, colectando en fundas debidamente etiquetadas por tratamiento. Al día 175 se realizó la cosecha de las diez plantas seleccionadas para posterior evaluación del número de semillas por vaina, semilla no comercial y rendimiento de semilla por hectárea.

Los tratamientos con fertilización quelatada y nanopartículas fueron aplicados en cuatro estados fenológicos del cultivo: desarrollo, vegetativo, floración y envainamiento.

Tabla 2

Días después de la siembra en los que se aplicaron los tratamientos

Etapa fenológica	Aplicación invernadero 26 de septiembre	Aplicación campo 26 de septiembre
Desarrollo	72 días	74 días
Vegetativo	92 días	94 días
Floración	112 días	114 días
Envainamiento	130 días	132 días

Fase de laboratorio

Los análisis para determinar la calidad del grano se realizaron de acuerdo a los parámetros establecidos por el INIAP (2001), en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA – I.

Calidad del grano

Color, brillo y forma. Consistió en un análisis visual de la muestra, la cual tuvo un color blanco-crema y forma redondeada de 7 a 8 mm de diámetro (INIAP, 2001).

Rendimiento. Se pesó el grano obtenido de 10 plantas por parcela y posteriormente se extrapoló el rendimiento por ha.

Contenido de proteína, Fe y Zn. Para determinar el porcentaje de proteína y niveles de Fe y Zn se lavaron 15 g de grano de chocho de cada tratamiento con jabón neutro, se secó en un horno a 50°C durante 24 horas. Posteriormente, se molieron los 15g de grano de cada tratamiento y el resultado se colocó en frascos estériles.

Figura 5

Lavado y secado del grano de chocho



Figura 6

Grano de chocho molido



Proteína. Se utilizó el método de Kjeldahl siguiendo el protocolo de (ITW Reagents, 2013). Se pesaron 3 g de cada muestra en papel encerado y se depositaron en un balón de 25 mL de ácido sulfúrico junto con la tercera parte de una tableta.

El balón fue colocado en el equipo de digestión, durante dos horas hasta que el líquido cambio de coloración de transparente a verdoso, posteriormente se colocaron 250 mL de agua destilada y 100 mL de solución de hidróxido de sodio, para ser llevadas al destilador Kjeldahl. Para realizar la titulación se colocaron 250 mL del destilado en un matraz con 3 gotas de lugol y 50 mL de ácido bórico, el destilado se tituló con ácido clorhídrico 0,1 N hasta que presentó una coloración violácea.

El porcentaje de Nitrógeno se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\%N = (0.014 * VT * N) / PM * 100 \quad (1)$$

Donde:

VT: Volumen de ácido clorhídrico titulado

PM: Peso de la muestra en g

N: Normalidad del ácido clorhídrico

Niveles de Fe y Zn. Se pesaron 3 g del grano de chocho molido por tratamiento y se colocaron en pocillos de porcelana para ser incinerados a 500°C por 20 minutos. Posteriormente, se procedió a colocar 2 ml de agua destilada y 10 ml de ácido clorhídrico para ser llevados a una plancha de calentamiento hasta su ebullición. Se filtró el contenido a través de papel filtro en un balón aforado de 50 ml, se lavó y se aforó con agua. Se llenaron tubos de ensayo con el contenido para su análisis, se colocó un tubo de ensayo con agua, denominado blanco para mejorar la precisión del análisis.

La concentración de Fe y Zn en muestras calcinadas se calculó mediante las siguientes

ecuaciones:

Hierro

$$\text{Fe(mg/Kg)} = \frac{(a - b)v}{m} \quad (2)$$

Donde:

a= mg/l de Fe en el filtrado de la muestra dato dado por (Espectrometría de absorción atómica)

b= mg/l promedio de K en los filtrados de los blancos

v= volumen final en ml de filtrado

m= masa en g de muestra

Zinc

$$\text{Zn(g/Kg)} = \frac{(a - b)v}{m} \quad (3)$$

Donde:

a= mg/l de Zn en el filtrado de la muestra dato dado por (Espectrometría de absorción atómica)

b= mg/l promedio de Na en los filtrados de los blancos

v= volumen final en ml de filtrado

m= masa en g de muestra

Diseño experimental

Tipo de diseño experimental. El establecimiento del experimento se realizó en un diseño completamente al azar (DCA), 5 tratamientos con 3 repeticiones, total 15 unidades experimentales en campo y 15 unidades experimentales en invernadero.

Unidad experimental. Las características de las unidades experimentales fueron las siguientes:

Número de unidades experimentales: 15 en campo y 15 en invernadero

Área de las unidades experimentales: 6 m²

Largo: 3 m

Ancho: 2 m

Forma de la unidad experimental: rectangular

Distancia entre plantas: 0,35 m

Número de semillas por golpe: 3

Distancia entre surcos: 0,8 m

Área total del ensayo: 180 m²

Factores y tratamientos. Los tratamientos de los experimentos se muestran en la (tabla 3). Cada tratamiento se realizó con 3 repeticiones.

Tabla 3

Factores y tratamientos de los experimentos de invernadero y campo

Tratamiento	Fertilizante	Dosis
Testigo	Ninguno	0
T1	Quelato Fe + Quelato Zn	5,0 g.L-1
T2	Quelato Fe + Quelato de Zn	7,5 g.L-1
T3	Nanopartículas Fe + Nanopartículas de Zn	50 mg.L-1
T4	Nanopartículas Fe + Nanopartículas de Zn	75 g.L-1

Nota: Para determinar las dosis se colocaron el 50% de cada una de las fuentes usadas como

tratamiento.

Análisis estadístico. Las variables se analizarán mediante el siguiente modelo matemático, tanto en invernadero como en campo:

$$Y_{ijk} = u + F_i + e_{ijk} \quad (4)$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable a medir

u = Media general

F_i = Efecto de la i-ésima fertilización

$e_{j(i)}$ = Error experimental

Análisis funcional. Se realizó un Análisis de Varianza y cuando hubo diferencias significativas, las medias entre tratamientos se compararon en base a la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 0,05 %.

VARIABLES MEDIDAS EN EL CAMPO. Las variables medidas en campo fueron: número total de vainas en el tallo principal y ramas laterales, número de semillas por vaina y porcentaje de semilla no comercial.

Número total de vainas en el tallo principal y ramas laterales. Se contabilizó el número total de vainas en el tallo y ramas laterales de las diez plantas seleccionadas al azar y se dividió para el mismo número de plantas (Falconí, 2012).

Número de semillas por vaina. Las vainas se cosecharon para su posterior trillado manual. Para la obtención de esta variable se dividió el número de semillas para el número de vainas cosechadas de las plantas de cada tratamiento (Falconí, 2012).

Porcentaje de semilla no comercial. El porcentaje de semilla no comercial se calculó dividiendo el peso de las semillas que presentaron manchas de color marrón, lesiones de

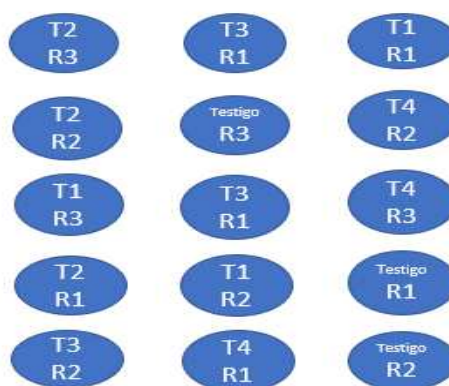
insectos o rotas (semilla dañada) y el total de semillas se expresó en porcentaje (Falconí & Yáñez, 2019).

Croquis experimental

Bajo invernadero. La distribución de los tratamientos bajo invernadero se muestra en la (figura 7)

Figura 7

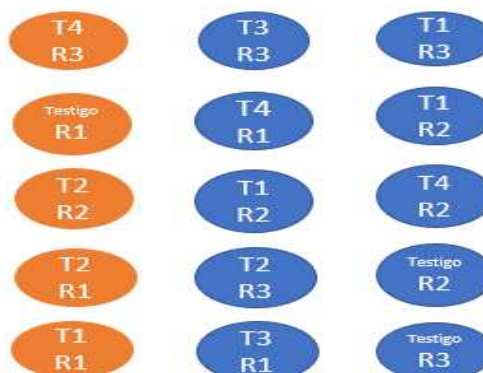
Distribución de los tratamientos bajo invernadero



En campo. La distribución de los tratamientos en campo se muestra en la tabla 6

Figura 8

Distribución de los tratamientos en campo



Capítulo IV

Resultados y Discusión

VARIABLES A MEDIR EN EL CAMPO E INVERNADERO

Número total de vainas en el tallo principal y ramas laterales

El número total de vainas en el tallo principal y ramas laterales en campo presentaron diferencias significativas entre los diferentes niveles de fertilización ($F_{4,10}=43,09$; $p < 0,0001$), siendo las plantas fertilizadas con nanopartículas a una dosis de 75 ppm las que tuvieron un menor número de vainas con respecto a las plantas de los demás tratamientos.

El número total de vainas en el tallo principal y ramas laterales bajo invernadero presentaron diferencias significativas entre los diferentes niveles de fertilización ($F_{4,10}=59,79$; $p < 0,0001$), siendo las plantas que recibieron nanopartículas de Fe+Zn 75 ppm las que tuvieron un menor número de vainas con respecto a las plantas de los demás tratamientos.

Mientras, que las plantas fertilizadas con nanopartículas a una dosis de 50 ppm y las dosis de quelatos presentaron un mayor número de vainas por planta en comparación con los demás tratamientos (Tabla 4).

Tabla 4

Efecto de Fe y Zn dopados en nanopartículas y fertilización quelatada sobre el número de vainas por planta de chocho (L. mutabilis) variedad I-450 Andino en campo e invernadero

Tratamiento	Campo (*)	Invernadero (*)
Testigo	43,60 ± 1.55 b	48 ± 1.32 b
Quelatos Fe+Zn (83333 ppm)	48,13 ± 0,71 c	49,80 ± 0,30 b
Quelatos Fe+Zn (125000 ppm)	46,37 ± 1,29 bc	48,73 ± 1,16 b
Nanopartículas Fe+Zn (50 ppm)	49,43 ± 0,83 c	50,47 ± 0,74 b
Nanopartículas Fe+Zn (75 ppm)	36,57 ± 1.95 a	38,37 ± 1.56 a

Nota: medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a Tukey $P < 0.05$; promedio ± Desviación estándar

Número de semillas por vaina

El número de semillas por vaina en campo presentó diferencias significativas entre los diferentes niveles de fertilización ($F_{4,10}=16,61$; $p= 0,0002$), siendo las plantas fertilizadas con nanopartículas a una concentración de 50 ppm y quelatos a una dosis de 83333 ppm las que tuvieron un mayor número de semillas por vaina con respecto a los demás tratamientos.

El número de semillas por vaina bajo invernadero presentó diferencias significativas entre los diferentes niveles de fertilización ($F_{4,10}=13,14$; $p < 0,0005$), siendo las plantas fertilizadas con

nanopartículas a una concentración de 50 mg/L y quelatos a una dosis de 5 g/L las que tuvieron un mayor número de semillas por vaina con respecto a los demás tratamientos (Tabla 5).

Tabla 5

Efecto de Fe y Zn dopados en nanopartículas y fertilización quelatada sobre el número de semillas por vaina de chocho (L. mutabilis) variedad I-450 Andino en campo e invernadero

Tratamiento	Campo (*)	Invernadero (*)
Testigo	3,95 ± 0,06 a	4,18 ± 0,16 ab
Quelatos Fe+Zn (83333 ppm)	5,34 ± 0,11 b	4,82 ± 0,55 bc
Quelatos Fe+Zn (125000 ppm)	4,02 ± 0,18 a	3,93 ± 0,14 ab
Nanopartículas Fe+Zn (50 ppm)	5,69 ± 0,25 b	5,37 ± 0,21 c
Nanopartículas Fe+Zn (75 ppm)	4,29 ± 0,69 a	3,15 ± 0,65 a

Nota: medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a Tukey $P < 0.05$; promedio ± Desviación estándar

Porcentaje de semilla no comercial

El porcentaje de semilla no comercial en campo presentó diferencias significativas entre los diferentes niveles de fertilización ($F_{4,10}=52,17$; $p < 0,0001$), siendo las plantas fertilizadas con nanopartículas a una concentración de 50 ppm y quelatos a una dosis de 83333 ppm las que tuvieron un menor porcentaje de semilla no comercial comparado con los demás tratamientos.

El porcentaje de semilla no comercial bajo invernadero presentó diferencias significativas

entre los diferentes niveles de fertilización ($F_{4,10}=16,44$; $p=0,0002$), siendo las plantas fertilizadas con nanopartículas a una concentración de 50 ppm y quelatos a una dosis de 83333 ppm las que tuvieron un menor porcentaje de semilla no comercial con respecto a los demás tratamientos (Tabla 6).

Tabla 6

*Efecto de Fe y Zn dopados en nanopartículas y fertilización quelatada sobre el porcentaje de semilla no comercial de chocho (*L. mutabilis*) variedad I-450 Andino en campo e invernadero*

Tratamiento	Campo (*)	Invernadero (*)
Testigo	21,39 ± 1,08 c	20,18 ± 2,49 c
Quelatos Fe+Zn (83333 ppm)	11,97 ± 1,69 a	12,84 ± 2,98 ab
Quelatos Fe+Zn (125000 ppm)	16,82 ± 0,47 b	18,01 ± 1,01 bc
Nanopartículas Fe+Zn (50 ppm)	10,11 ± 0,40 a	12,35 ± 0,57 a
Nanopartículas Fe+Zn (75 ppm)	19,20 ± 1,45 bc	23,50 ± 2,11 c

Nota: Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a Tukey $P<0.05$; promedio ± Desviación estándar

Rendimiento por Kg/ha del grano de chocho

El rendimiento de semilla de chocho en Kg/ha en campo presentó diferencias significativas entre los diferentes niveles de fertilización ($F_{4,10}=43,09$; $p<0,0001$), siendo las

plantas fertilizadas con nanopartículas a una dosis de 75mg/L las que presentaron un menor rendimiento con respecto a las plantas de los demás tratamientos.

El rendimiento de semilla de chocho en Kg/ha en campo presentó diferencias significativas entre los diferentes niveles de fertilización ($F_{4,10}=59,80$; $p < 0,0001$), siendo las plantas fertilizadas con nanopartículas a una dosis de 75 ppm las que presentaron un menor rendimiento con respecto a las plantas de los demás tratamientos (Tabla 7).

Tabla 7

Efecto de Fe y Zn dopados en nanopartículas y fertilización quelatada sobre el rendimiento por kg/ha de chocho (L. mutabilis) variedad I-450 Andino en campo e invernadero

Tratamiento	Campo (*)	Invernadero (*)
Testigo	726,67 ± 25,87 b	800 ± 22,05 b
Quelatos Fe+Zn (83333 ppm)	802,22 ± 11,82 c	830 ± 5 b
Quelatos Fe+Zn (125000 ppm)	772,78 ± 21,50 bc	812,22 ± 19,32 b
Nanopartículas Fe+Zn (50 ppm)	823,89 ± 13,88 c	841,11 ± 12,28 b
Nanopartículas Fe+Zn (75 ppm)	609,45 ± 32,50 a	639,44 ± 26,05 a

Nota: medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a Tukey $P < 0.05$; promedio ± Desviación estándar

La fertilización es uno de los factores clave para el desarrollo, la productividad y la calidad

de la siembra de chocho, ya que determinan su influencia en la mayoría de los parámetros estudiados (Sharma et al., 2012). Las dosis usadas de Fe y Zn en forma quelatada (83333 ppm) y nanopartículas (50 ppm) tuvieron un efecto positivo en cuanto al desarrollo del cultivo, obteniendo rendimientos no menores a 800 Kg/Ha como lo reporta Peralta, Mazón, Murillo, Rivera, & Monar, (2008). Sin embargo, en la presente investigación no se presentaron rendimientos elevados esto quizá, a la deficiente fertilización base que se aplicó.

El bajo rendimiento de chocho al aplicar dosis de 75 ppm se debe a que las concentraciones altas (≥ 80 ppm) inducen a un efecto fitotóxico incluso llegando a quemar algunas plantas. Salama (2012) indica que un efecto fitotóxico provoca deficiencia en el crecimiento ya que se inhibe la producción endógena de fitohormonas como citoquininas y giberelinas.

Una menor concentración de nanopartículas tuvo un efecto positivo sobre la germinación de semillas de plantas y la promoción del crecimiento. En un estudio realizado por Sharma et al. (2012) se determinó que al usar bajas concentraciones de nanopartículas de Zn en concentraciones de 25 y 50 ppm, se estimuló el crecimiento de plántulas de mostaza (hojas de mostaza) reflejando en mayor longitud de raíz, biomasa seca y altura. Sin embargo, altas concentraciones (250-500 mg kg⁻¹ de suelo) produjeron un efecto fitotóxico en las plantas.

Al contrario, en un estudio conducido por Zhao et. al. (2014) se investigó los efectos de las NPs ZnO y CeO₂ a una concentración de 400 ppm en plantas de pepino (*Cucumis sativus*), detectando un mayor contenido de almidón y cambios en el contenido de carbohidratos de la fruta.

Informes anteriores indican que la fitotoxicidad provocada por algunas nanopartículas que produce un comportamiento impredecible e irregular sobre el estrés oxidativo, que a su vez

depende del tipo, concentración, naturaleza y modo de exposición de las nanopartículas (Foltete et. al. 2011).

VARIABLES A MEDIR EN LABORATORIO

Niveles de Fe (mg/Kg) en semillas de chocho de plantas en campo e invernadero

Los niveles de Fe (mg/Kg) en semillas de chocho de plantas en campo presentaron diferencias significativas entre los diferentes niveles de fertilización ($F_{4,10}=6,72$; $p=0,0068$), siendo las plantas fertilizadas las que presentaron mayores niveles de Fe con respecto a las plantas testigo.

Los niveles de Fe (mg/Kg) en semillas de chocho de plantas bajo invernadero presentaron diferencias significativas entre los diferentes niveles de fertilización ($F_{4,10}=32,60$; $p < 0,0001$), siendo las plantas fertilizadas las que presentaron mayores niveles de Fe con respecto a las plantas testigo (Tabla 8).

Tabla 8

Efecto de Fe y Zn dopados en nanopartículas y fertilización quelatada sobre los niveles de Fe (mg/Kg) en semillas de chocho (L. mutabilis) variedad I-450 Andino en campo e invernadero

Tratamiento	Campo (*)	Invernadero (*)
Testigo	77,01 ± 22,05 a	77,15 ± 22,05 a
Quelatos Fe+Zn (83333 ppm)	80,75 ± 5 ab	80,80 ± 5 b
Quelatos Fe+Zn (125000 ppm)	81,98 ± 19,32 b	86,83 ± 19,32 d

Tratamiento	Campo (*)	Invernadero (*)
Nanopartículas Fe+Zn (50 ppm)	81,69 ± 12,28 b	83,23 ± 12,28 bc
Nanopartículas Fe+Zn (75 ppm)	82,17 ± 26,05 b	84,95 ± 26,05 d

Nota: medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a Tukey $P < 0.05$; promedio \pm Desviación estándar

Niveles de Zn (g/Kg) en semillas de chocho de plantas en campo e invernadero

Los niveles de Zn (g/Kg) en semillas de chocho de plantas en campo presentaron diferencias significativas entre los diferentes niveles de fertilización ($F_{4,10}=34,67$; $p < 0,0001$), siendo las plantas fertilizadas las que presentaron mayores niveles de Zn con respecto a las plantas testigo.

Los niveles de Zn (g/Kg) en semillas de chocho de plantas bajo invernadero presentaron diferencias significativas entre los diferentes niveles de fertilización ($F_{4,10}=23,58$; $p=0,0196$), siendo las plantas fertilizadas con quelatos a una concentración de 83333 y 125000 ppm las que presentaron mayores niveles de Zn con respecto al resto de tratamientos (Tabla 9).

Tabla 9

Efecto de Fe y Zn dopados en nanopartículas y fertilización quelatada sobre los niveles de Zn (g/Kg) en semillas de chocho (L. mutabilis) variedad I-450 Andino en campo e invernadero

Tratamiento	Campo (*)	Invernadero (*)
Testigo	40,45 ± 1,85 a	40,09 ± 3,18 a
Quelatos Fe+Zn (83333 ppm)	48,71 ± 2,48 b	49,47 ± 1,25 b
Quelatos Fe+Zn (125000 ppm)	51,77 ± 2,25 bc	51,86 ± 0,80 b
Nanopartículas Fe+Zn (50 ppm)	47,16 ± 1,19 ab	51,34 ± 2,59 b
Nanopartículas Fe+Zn (75 ppm)	50,97 ± 4,08 bc	52,83 ± 2,64 b

Nota: medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a Tukey P<0.05; promedio ± Desviación estándar

Al valorar los índices de calidad del grano de chocho en cuanto a niveles de Fe y Zn se observó un incremento de estos micronutrientes en el grano de chocho amargo, esto se debe quizá a la forma directa de incorporar micronutrientes en las plantas, ya que éstas lo asimilan de mejor manera (Forero, 2015); más aun usando nanopartículas debido a que este tipo de fertilizante es de lenta liberación donde la planta puede asimilarlo progresivamente y de mejor manera (Salama, 2012).

Según Villacrés et. al. (2006), en los análisis bromatológicos realizados en grano de chocho

amargo los niveles de Fe son 78,74 mg/kg y de Zn 42,84 g/kg. Mientras que en una investigación realizada en la Universidad San Francisco de Quito los niveles de Fe y Zn fueron 50 mg/kg y 36 g/kg respectivamente (Villacreses, 2011). En este estudio los niveles de Fe y Zn son similares a los obtenidos por Villacrés et al. (2006). Sin embargo, los niveles de Fe fertilizando con quelatos y nanopartículas incrementaron en aproximadamente 6%, aportando mayor valor nutritivo en el grano de chocho para el consumo humano, hecho que puede contribuir a producir más hemoglobina, transportar oxígeno y aumentar resistencia a enfermedades (INIAP, 2020).

El incremento de los niveles de Zn es debido al uso de fertilizantes en forma quelatada y nanopartículas. El zinc es un micronutriente que juega un papel vital en funciones clave como la estructura de la membrana, la fotosíntesis, la síntesis de proteínas y la resistencia a la sequía y las enfermedades. A pesar de la importancia del zinc, sigue siendo el micronutriente más escaso en el mundo, incluso si la demanda de cultivos es muy pequeña. Actualmente, el 40% de la tierra cultivable en el mundo es deficiente en zinc, y alrededor del 50% de los suelos agrícolas productores de granos en el mundo son deficientes en este elemento (Intagri, 2015).

Porcentaje de N en semillas de chocho de plantas en campo e invernadero

Los porcentajes de N en semillas de chocho de plantas en campo presentaron diferencias significativas entre los diferentes niveles de fertilización ($F_{4,10}=11,43$; $p=0,0010$), siendo las plantas fertilizadas con quelatos a una concentración de 83333 ppm y nanopartículas a 50 ppm las que presentaron un mayor porcentaje de N con respecto al resto de tratamientos.

Los porcentajes de N en semillas de chocho de plantas bajo invernadero no presentaron diferencias significativas entre los diferentes niveles de fertilización ($F_{4,10}=1,55$; $p=0,2621$), (Tabla 10).

Tabla 10

Efecto de Fe y Zn dopados en nanopartículas y fertilización quelatada sobre los porcentajes de N en semillas de chocho (L. mutabilis) variedad I-450 Andino en campo e invernadero

Tratamiento	Campo (*)	Invernadero (*)
Testigo	5,93 ± 0,20 a	5,99 ± 0,20 a
Quelatos Fe+Zn (83333 ppm)	6,42 ± 0,04 b	6,19 ± 0,04 a
Quelatos Fe+Zn (125000 ppm)	5,85 ± 0,14 a	6,29 ± 0,14 a
Nanopartículas Fe+Zn (50 ppm)	6,51 ± 0,26 b	6,33 ± 0,26 a
Nanopartículas Fe+Zn (75 ppm)	5,86 ± 0,10 a	6,33 ± 0,10 a

Nota: medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a Tukey P<0.05; promedio ± Desviación estándar

Los porcentajes de N en el grano de chocho bajo invernadero fueron similares para todos los tratamientos. El chocho en relación con otras leguminosas contiene mayor porcentaje de proteína de 42 a 51 % y es particularmente rico en lisina (INIAP, 2020).

Según los resultados obtenidos en este estudio el contenido varía entre 50 a 60 % de proteína, lo cual coincide con Villacrés et. al. (2006), quienes obtuvieron resultados de 47,80 de proteína y el INIAP obtuvo un porcentaje de 51,01% (INIAP, 2001). Las leguminosas se caracterizan por su alto contenido de proteína (García G. , 2018).

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Las plantas fertilizadas con Fe y Zn dopadas en nanopartículas a una concentración de 50 ppm obtuvieron significativamente un mayor rendimiento y calidad del grano de chocho variedad I-450 Andino en campo y en invernadero ya que se obtuvieron rendimientos de 823,89 en campo y 841,11 Kg/ ha bajo invernadero y un porcentaje de semilla no comercial mínimo comparado con la fertilización de nanopartículas Fe + Zn a una dosis de 75 ppm y el testigo.

Al usar fertilizantes de Fe y Zn dopadas en nanopartículas únicamente se vio un incremento en el rendimiento al usar 50 ppm ya que al usar una dosis de 75 ppm se obtuvo un efecto fitotóxico en las plantas llegando a quemarlas, y un rendimiento menor incluso comparado con las plantas testigo.

Se obtuvieron mayores niveles de Fe y Zn al aplicar mayor Fe y Zn dopadas de nanopartículas. Sin embargo, no es conveniente para el productor ya que los rendimientos disminuyeron significativamente.

Recomendaciones

Realizar otros estudios relacionados con dosis menores a 50 ppm de Fe y Zn dopadas de nanopartículas y analizar los rendimientos obtenidos *versus* los que se obtuvieron con fertilización inicial.

Realizar una investigación similar en diferentes variedades de chocho para determinar si existen diferencias en las características agronómicas y los rendimientos.

Según el estudio realizado en las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - IASA I se recomienda usar nanopartículas de Fe+Zn a una dosis de 50ppm para incrementar los rendimientos y calidad en el grano de chocho.

Bibliografía

- Anónimo. (2008). *Importancia del chocho*. Obtenido de <https://importanciadelchocho.blogspot.com/2008/12/importancia-de-chocho-o-tarwi-en-la.html>
- Barriga, G. (21 de junio de 2014). *Ficha tecnica cultivo de chocho*. Obtenido de <https://prezi.com/zqxcnfbuzaxq/ficha-tecnica-cultivo-de-chocho/>
- Basantes, E.R., E. Ramón, R. León, S. X. Basantes. 2020. Effect of fertilization and agricultural amendments on the quality of a prairy established on a volcanic soil, Andosol. XV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología. ESPE. Sangolquí-Ecuador.
- Caicedo, C., & Peralta, E. (2001). El cultivo de chocho *Lupinus mutabilis* sweet: Fitonutrición, enfermedades y plagas, en el Ecuador, Recuperado el 21 de Enero de 2018, de Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/444/4/iniapscbt103.pdf>
- Castellanos, J., & Rodriguez, D. (19 de agosto de 2014). *Engormix*. Obtenido de El Zinc (Zn), en la Nutrición de los Cultivos: <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/zinc-nutricion-cultivos-t31354.htm>
- Chen, J. (2018). *Promix*. Obtenido de La función del zinc en el cultivo plantas: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-funcion-del-zinc-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Falconí, C.E. (2012). *Lupinus mutabilis* in Eciador with special emphasis on anthracnose resistance. Wageningen University: <http://edepot.wur.nl/210228>
- Falconí, C.E., Yáñez-Mendizábal, V (2019). Solar UV-B radiation limits seedborne anthracnose infection and induces physiological and biochemical responses in *Lupinus mutabilis*.

Plant Pathology, 68: 1635-1644.

Falconí, C.E., Yáñez-Mendizábal, V (2018) Efficacy of UV-C radiation to reduce seedborne anthracnose (*Colletotrichum acutatum*) from Andean lupin (*Lupinus mutabilis*). *Plant Pathology*, 67: 831-838.

Foltête, A.S & Masfaraud, J.F.(2011). Environmental impact of sunscreen nanomaterials: Ecotoxicity and genotoxicity of altered TiO₂ nanocomposites on *Vicia faba*. *Environmental Pollution*, 159: 2521-2522.

Forero, M. (2015). *¿Qué son los quelatos de hierro?* Obtenido de <https://comunidad.leroymerlin.es/t5/Bricopedia-Jardiner%C3%ADa/Qu%C3%A9-son-los-quelatos-de-hierro/ta-p/123874>

García, E., & Flego, F. (2008). *Tecnología Agropecuaria*. Obtenido de Agricultura de Precisión.

García, G. (2018). "determinación del efecto del desamargado y fermentado en el contenido de compuestos con capacidad antioxidante de tres variedades de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*)". Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15742/1/T-UCE-0008-CQU-013.pdf>

Gipchocho. (2015). *Mejora de la cadena productiva del chocho en Ecuador*. Recuperado el 21 de Enero de 2018 , de <http://gipchocho.espe.edu.ec/sobre-el-proyecto/>

Gross, R. (1982). El cultivo y utilización del Tarwi (chocho) *Lupinus mutabilis Sweet*. El Cultivo y Utilización del Tarwi (chocho) *Lupinus mutabilis Sweet*. En FAO *Producción y protección vegetal* (pág. 215). Italia.

Herrero, J. (mayo de 2015). *Fertilización con hierro. Importancia y síntomas*. Obtenido de <https://floradeiberia.com/2403/fertilizacion-con-hierro-importancia-y-sintomas/>

INIAP. (marzo de 2001). *Poscosecha y mercado de chocho *Lupinus mutabilis sweet* en Ecuador*.

Obtenido de Ficha n 105:

[http://jenifferburgos.weebly.com/uploads/4/1/9/0/41902283/poscosecha__mercado_c
hocho.pdf](http://jenifferburgos.weebly.com/uploads/4/1/9/0/41902283/poscosecha__mercado_c
hocho.pdf)

INIAP. (2020). *INIAP investigó propiedades nutritivas del chocho, alternativa para una mejor alimentación*. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/iniap-investigo-propiedades-nutritivas-del-chocho-alternativa-para-una-mejor-alimentacion/#>

INNST. (2021). *Que es un invernadero*. Obtenido de <https://www.insst.es/-/que-es-un-invernader-1>

Intagri. (2015). *Nutricion del cultivo con Zn*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/nutricion-cultivos-zinc>

Intagri. (abril de 2019). *El Hierro (Fe) en la Nutricion Vegetal*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-hierro-en-la-nutricion-vegetal>

Intagri. (2019). *La nanotecnología en la nutrición vegetal*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-nanotecnologia-en-la-nutricion-vegetal>

Mendez Arguello, B., Mendoza Mendoza, E., Puente Urbina , B., & Lira Saldivar, R. (2016). Growth promotion of Capsicum annum plants by zinc oxide nanoparticles. *Nova Scientia*, 8: 144-146.

Mendez, B., Lira, R., & Vera, I. (2015). Respuestas Fisiológicas de Plantas Cultivadas en Bioespacios por Efecto de Nanofertilizantes y Zeolita. *Agronano Tecnologia*, 34.

Mollar. (27 de julio de 2017). *El hierro en la nutrición de las plantas* . Obtenido de [https://cultivo
del granado.es/el-hierro-en-la-nutricion-de-las-plantas/](https://cultivo
del granado.es/el-hierro-en-la-nutricion-de-las-plantas/)

Murgueitio, E., Debut, A., Landivar, J., & Cumbal, L. (2016). Synthesis of Iron Nanoparticles

through Extracts of Native Fruits of Ecuador, as Capuli (*Prunus serotina*) and Mortiño (*Vaccinium floribundum*). *Biology and Medicine*, 1.

Peralta, E., Mazón, N., Murillo, A., Rivera, M., & Monar, C. (1 de febrero de 2008). *INIAP*.

Obtenido de Manual Agrícola de granos Andinos:

<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/833>

Reyes, I. V. (25 de abril de 2019). *Nanofertilizantes: mas eficaces, economicos y ecologicos*.

Obtenido de <https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/04/25/nanofertilizantes-mas-eficaces-economicos-y-ecologicos/>

Rivadeneira, J. (1999). *Determinación de los niveles óptimos de fertilización química en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en tres localidades de la Sierra Ecuatoriana*.

Recuperado el 1 de Febrero de 2018, de Universidad Central del Ecuador:

<http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/875/1/iniapsctR616d.pdf>

Salama, H. (2012). Effects of silver nanoparticles in some cropplants, Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and corn (*Zea mays* L.) . *International Research Journal of Biotechnology*, 3: 192-193.

Sanchez, M. (agosto de 2013). *¿Cuáles son los síntomas de la falta de hierro en plantas?*

Obtenido de <https://www.jardineriaon.com/sintomas-falta-de-hierro-en-plantas.html>

Sharma , P., Bhatt, D., Zaidi, M., & Arora, S. (2012). Silver Nanoparticle-Mediated Enhancement in Growth and Antioxidant Status of Brassica juncea. *Biochem Biotechnol*, 167: 2229-2231.

Taco, M. (2017). *Relacion entre la permeabilidad del suelo y eco del radar de penetración*.

Obtenido de Universidad de las Fuerzas Armadas:

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/14496/T-IASA%20I->

005377.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Tapia, M. (2015). *EL Tarwi, Lupino andino*. Recuperado el 30 de Enero de 2018, de <http://fadvamerica.org/wp-content/uploads/2017/04/TARWI-espanol.pdf>
- Tecnoviv. (12 de marzo de 2018). *La aplicación de la nanotecnología en la agricultura*. Obtenido de <https://tecnoviv.com/la-aplicacion-la-nanotecnologia-la-agricultura/>
- Villacres, E., Rubio, A., Egas, L., & Segovia, G. (Junio de 2006). *INIAP*. Obtenido de Usos alternativos del chocho: <http://www.fondoindigena.org/wp-content/uploads/2011/08/usos-alternativos-del-chocho.pdf>
- Villacrés, E., Rubio, A., Egar, L., & Segovia, G. (2006). *Usos alternativos del chocho*. Recuperado el 25 de enero del 2018, Instituto Nacional Autónomo de investigaciones Agropecuarias INIAP:<http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/910/1/L-SENESCYT-0023.pdf>
- Villacres, E., Peralta, E., Cuadrado , L., Revelo, J., Abdo, S., & Aldaz, R. (2009). *Propiedades y aplicaciones de los alcaloides del chocho* . Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/453/4/iniapscbt133.pdf>
- Villacreses, N. (2011). *Evaluación del procesamiento artesanal del chocho (Lupinus mutabilis sweet) sobre el consumo de agua, tiempo empleado y la calidad nutricional y microbiológica*. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/963/1/99493.pdf>
- Yzarra, W. J., & Lopez, F. (2012). Fases fenologicas de Tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*). *Manual de observaciones fenologicas* , 61.
- Zhao, L., JR, Niu, G., & Peralta, V. (2014). CeO₂ and ZnO Nanoparticles Change the Nutritional Qualities of Cucumber (*Cucumis sativus*). *Agricultural and Food Chemistry*, 68: 2754-

2756.