



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CENTRO DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGRONOMÍA MENCIÓN NUTRICIÓN
VEGETAL

MODALIDAD DE TITULACIÓN TESIS DE INVESTIGACIÓN

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del grado académico de
Magíster en Agronomía Mención Nutrición Vegetal.

Tema: USO DE FERTILIZACIÓN FOLIAR CON SULFATO DE ZINC
EN VARIEDADES DE *Solanum tuberosum* L. PARA INCREMENTAR
EL CONTENIDO DE ZINC EN SUS TUBÉRCULOS.

Autor: Ing. Carlos Aníbal Romero Larrea

Director: Ing. Mg. Jorge Enrique Dobronski Arcos

Ambato - Ecuador

2024

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CENTRO DE POSGRADO
MAESTRÍA EN AGRONOMÍA MENCIÓN NUTRICIÓN
VEGETAL

INFORMACIÓN GENERAL

TEMA: Uso de fertilización foliar con Sulfato de zinc en variedades de *Solanum tuberosum* L. para incrementar el contenido de zinc en sus tubérculos.

AUTOR: Carlos Aníbal Romero Larrea

Grado académico: Ingeniero Agrónomo

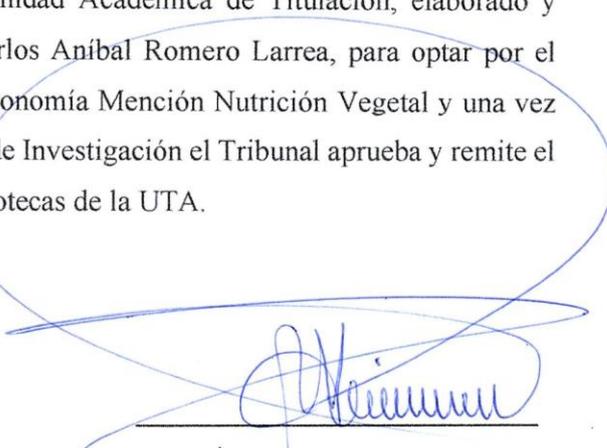
Correo electrónico: romerolarreacarlos@gmail.com

DIRECTOR: Ing. Mg. Jorge Enrique Dobronski Arcos

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Producción Agroalimentaria y Medioambiente

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por el Ingeniero..... e integrado por los señores: Ingeniero Olguer Alfredo León Gordón M.Sc. e Ingeniero Marco Oswaldo Pérez Salinas PhD., designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “USO DE FERTILIZACIÓN FOLIAR CON SULFATO DE ZINC EN VARIEDADES DE *Solanum tuberosum* L. PARA INCREMENTAR EL CONTENIDO DE ZINC EN SUS TUBÉRCULOS”, aprobado por la Unidad Académica de Titulación, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Carlos Aníbal Romero Larrea, para optar por el Grado Académico de Magister en Agronomía Mención Nutrición Vegetal y una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



Ing. Ph.D. Óscar Patricio Núñez Torres

Presidente y Miembro del Tribunal



Ing. Olguer Alfredo León Gordón M.Sc.

Miembro del Tribunal



Ing. Marco Oswaldo Pérez Salinas PhD.

Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

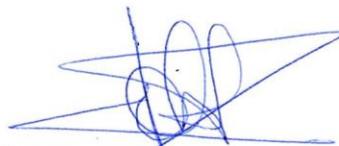
La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación, presentado con el tema: “USO DE FERTILIZACIÓN FOLIAR CON SULFATO DE ZINC EN VARIEDADES DE *Solanum tuberosum* L. PARA INCREMENTAR EL CONTENIDO DE ZINC EN SUS TUBÉRCULOS”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Carlos Aníbal Romero Larrea, Autor, bajo la Dirección del Ingeniero Jorge Enrique Dobronski Arcos Mg. Director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Carlos Aníbal Romero Larrea

C.C. 1804427746

AUTOR



Ing. Jorge Enrique Dobronski Arcos Mg.

C.C. 1706281258

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.



Ing. Carlos Aníbal Romero Larrea

C.C. 1804427746

AUTOR

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso, a la Virgen Dolorosa y a su Hijo Amado, que me han llenado de fuerzas y bendiciones para cumplir cada meta que me he propuesto en mi vida, y en especial en los momentos más duros de mis estudios.

A mi padre Carlos Humberto (+), quien me acompaña desde el cielo, me bendice en cada paso que doy, y quien sé que está orgulloso al verme convertido en un profesional como él.

A mi madre Cecilia Paola, quien me cuida y me apoya en cada momento de mi vida, enseñándome a ser una persona de bien, a superar mis problemas con todo amor de madre, quien ha sido la persona más crucial para mi desarrollo profesional.

A mi hermana María Fernanda, que la amo infinitamente y que me demuestra que todos los obstáculos son vencibles, de quien quiero ser su ejemplo.

A mi abuelito Aníbal Larrea “Papi Ani”, quien ha sido un gran soporte para mí, al estar en todos los momentos de mi vida, por amarme como a un hijo, y que me ha inculcado valores y enseñanzas a lo largo de mi vida.

A mi tío Juan (+), quien fue el ejemplo de cómo debe ser un profesional, ético y responsable.

A Mario Álvarez, quien ha acompañado a mi madre y a mí, siempre, tanto en los buenos y malos momentos, quien me ha aconsejado tanto en mi vida como en mi profesión, y ha estado siempre a mi lado en cada paso de mi profesión apoyándome con todos sus conocimientos.

A mi abuelita Cecilia López “Mami Cecy” y a mi tío Diego, quienes han estado pendientes de mí para apoyarme, aunque estuvieran lejos de casa.

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud a la Universidad Técnica de Ambato, de manera muy especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias por la oportunidad de acogerme en sus aulas y enriquecer mis conocimientos, inculcarme valores éticos y morales a través de las experiencias vividas, y cumplir con mi anhelada meta profesional.

A cada una de las autoridades y docentes de posgrado de la Facultad de Ciencias Agropecuarias que me han acompañado en cada etapa de estudio, que con sus enseñanzas y consejos me han formado como ser humano y profesional.

Un especial agradecimiento a mi tutor Ing. Mg. Jorge Dobronski, quién me ha dado la oportunidad de realizar este trabajo de investigación, dándome todo su apoyo y conocimientos en el transcurso de la presente tesis.

A todo el personal Administrativo que me ha ofrecido una ágil respuesta en los trámites para realizar este trabajo de posgrado.

A mis amigos y compañeros de aula, por su apoyo y gratos momentos que vivimos durante los módulos de estudio.

Un gracias a todos.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. General	5
1.3.2. Específicos	5
CAPÍTULO II	6
REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1. Antecedentes investigativos.....	6
2.2. Categorías fundamentales	6
2.2.1. Zinc en la nutrición humana.....	6
2.2.2. Causas de la deficiencia de zinc en las personas.....	8
2.2.3. Manifestaciones clínicas de la deficiencia de zinc en las personas	9
2.2.4. El zinc en el suelo	10
2.2.5. El zinc en la planta	10
2.2.6. Biofortificación agronómica	11
2.2.7. Planta de papa como cultivo versátil para la biofortificación con zinc. 11	
2.2.8. Contenido nutricional de la papa.....	12
2.2.9. Morfología de la planta de papa.....	133
2.2.10. Variedades de papas del estudio	14
CAPÍTULO III.....	15
MARCO METODOLÓGICO	15
3.1. Ubicación del experimento	15

3.2. Equipos, materiales y abonos.....	15
3.2.1. Equipos.....	15
3.2.2. Materiales.....	15
3.2.3. Abonos	16
3.3. Tipo de investigación.....	16
3.3.1. Hipótesis.....	16
3.3.2. Población o muestra	16
3.4. Recolección de información	16
3.4.1. Diseño experimental.....	16
3.4.2. Manejo del experimento.....	19
3.5. Procesamiento de la información y análisis estadístico.....	23
3.6. Variables respuesta o resultados esperados	23
CAPÍTULO IV.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1. Emergencia, altura y diámetro de las plantas	24
4.2. Número de tubérculos por planta.....	24
4.3. Peso de los tubérculos por planta.....	30
4.4. Rendimiento de los cultivos.....	34
4.5. Contenido de Zn en los tubérculos	39
4.6. Verificación de hipótesis	46
CAPÍTULO V	48
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS.....	48
5.1. Conclusiones.....	48
5.2. Recomendaciones	48
5.3. Bibliografía	49
5.4. Anexos	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cantidad Diaria Recomendada (CDR) de zinc para diferentes grupos de edad y género.....	7
Tabla 2 Perfil nutricional del tubérculo de papa cruda entera.....	12
Tabla 3 Características de las variedades de papa: INIAP-Fripapa y Chaucha roja .	14
Tabla 4 Factores y niveles en el diseño experimental.....	17
Tabla 5 Combinación en cada tratamiento del experimento.....	18
Tabla 6 Recomendaciones de fertilización para papa comercial (Población 27778 plantas ha-1).....	19
Tabla 7 Abonos que se aplicaron en el experimento.....	21
Tabla 8 Fertilización foliar con Sulfato de zinc en el experimento	21
Tabla 9 Número de tubérculos por planta en cada tratamiento.....	25
Tabla 10 Análisis de Varianza en el número de tubérculos/planta	26
Tabla 11 Prueba de Rango Múltiple de Tukey en el número de tubérculo/planta por variedad de papa.....	27
Tabla 12 <i>Grupos homogéneos en el número de tubérculos/planta en los tratamientos</i>	278
Tabla 13 Peso de tubérculos (kg/ planta) en cada tratamiento.....	301
Tabla 14 Análisis de Varianza en el peso de los tubérculos (kg/planta).....	312
Tabla 15 Prueba de Múltiple Rango de Tukey en el peso de tubérculos (kg/planta) por variedad de papa.....	32
Tabla 16 Grupos homogéneos en el peso de los tubérculos (kg/planta) en los tratamientos.....	333
Tabla 17 Rendimiento de tubérculos (t/ha) en los tratamientos.....	366
Tabla 18 Análisis de Varianza en el rendimiento de tubérculos (t/ha)	377
Tabla 19 Prueba de Múltiple Rango de Tukey en rendimiento de tubérculos (t/ha) por variedad de papa.....	37
Tabla 20 Grupos homogéneos en el rendimiento de los tubérculos (kg/planta) en los tratamientos.....	38
Tabla 21 Contenido de Zn en los tubérculos (mg/kg de peso seco) en cada tratamiento	41
Tabla 22 Análisis de Varianza para el contenido de zinc en tubérculos.....	42

Tabla 23 Prueba de Múltiple Rango de Tukey en el contenido de zinc en tubérculos por variedad de papa	43
Tabla 24 Pruebas de Múltiple Rangos de Tukey para el contenido de zinc en tubérculos por el número de aplicaciones	433
Tabla 25 Grupos homogéneos en el contenido de zinc de los tubérculos (kg/planta) en los tratamientos	444
Tabla 26 Análisis del suelo de la parte experimental.....	577
Tabla 27 Análisis de zinc en tubérculos de los diferentes tratamientos realizados en el INIAP	611

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Morfología de la planta de papa	13
Figura 2 Parcelas distribuidas al azar de los 16 tratamientos y sus 3 réplicas en el terreno de experimentación. Forma de distribución de 30 semillas de papa en la parcela de cultivo.....	18
Figura 3 Número promedio de tubérculos/planta, en cada tratamiento	29
Figura 4 Peso promedio de tubérculos (kg/planta) en cada tratamiento	355
Figura 5 Rendimiento promedio de tubérculos (t/ha) en cada tratamiento.....	40
Figura 6 Interacciones entre (A) variedad de papas y (B) número de aplicaciones de sulfato de zinc	422
Figura 7 Contenido de zinc en tubérculos (mg/kg tubérculos bs) en cada tratamiento	455
Figura 8 Contenido de zinc en tubérculos (mg Zn/kg papa bs.) en las dos variedades de papas fertilizadas en forma manual y a motor durante 0,45, 60 y 75 días de cultivo	477
Figura 9 Distribución de los tratamientos y sus réplicas en el terreno de experimentación.....	58
Figura 10 Experimento del uso de fertilización foliar con sulfato de zinc en papa INIAP-Fripapa y papa Chaucha roja.....	59

RESUMEN

En Ecuador, existe deficiencia significativa de zinc en la dieta de la población. Una de las estrategias para mejorar la biodisponibilidad de este oligoelemento es la biofortificación de papas. La parte experimental del estudio se realizó en el Campus Querochaca de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, ubicado en el cantón Cevallos. En la investigación se empleó un diseño factorial (A*B*C), formado por 3 factores: (A) Variedades de papas (INIAP-Fripapa y Chaucha roja), (B) Número de aplicaciones en la fertilización foliar (0, 1, 2 y 3) y Forma de aplicación foliar (Bomba de fumigación manual y bomba de fumigación a motor), con un total de 16 tratamientos y tres réplicas. En la experimentación, las parcelas de cada tratamiento fueron de 21.6 m², en las que se sembraron 30 tubérculos de papa. Durante el procesamiento de los datos se empleó el software estadístico Statgraphics Centurión XVI para realizar el Análisis de Varianza y las Pruebas de Comparación de Medias, mediante Tukey (5%). Los resultados de la investigación determinaron como mejor tratamiento el T16 (papa Chaucha roja con tres aplicaciones de sulfato de zinc a Motor), obteniéndose un aumento de 19.4 mg Zn/kg papa bs. (112.14%) con respecto al tratamiento control. En cambio, el aumento máximo que se logró en INIAP-Fripapa fue en el tratamiento T8 (INIAP-Fripapa con tres aplicaciones de sulfato de zinc a Motor), con un incremento de 5.7 mg Zn/kg papa bs. (30%) con respecto al control. En conclusión, las fertilizaciones que se realizaron con Sulfato de zinc durante el cultivo de las dos variedades de papa, dieron como resultado un aumento de zinc en los tubérculos, sin afectar en forma negativa el peso de tubérculos cosechados/planta, ni el rendimiento de los tubérculos/ha.

Palabras claves: INIAP-Fripapa, papa Chaucha roja, zinc en tubérculos.

ABSTRACT

In Ecuador, there is a significant deficiency of zinc in the population's diet. One of the strategies to improve the bioavailability of this trace element is the potatoes biofortification. The experimental part of the study was carried out at the Querochaca Campus of the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Ambato, located in Cevallos canton. The research used a factorial design (A*B*C), made up of 3 factors: (A) Potato varieties (INIAP-Fripapa and Chaucha roja), (B) Number of applications in foliar fertilization (0, 1, 2 and 3) and Form of foliar application (Manual spray pump and motor spray pump), with a total of 16 treatments and three replicates. In the experiment, the plots of each treatment were 21.6 m², in which 30 potato seeds were sown. During data processing, the Statgraphics Centurión XVI statistician was used to find the Analysis of Variance and the Mean Comparison Tests, using Tukey (5%). The results of the research determined T16 (Chaucha roja potato - 3 applications of Zinc sulfate - Motor) as the best treatment, obtaining an increase of 19.4 mg Zn/kg potato bs. (112.14%) with regard to the control treatment. On the other hand, the maximum increase achieved in INIAP-Fripapa was in treatment T8 (INIAP-Fripapa- 3 applications of Zinc sulfate- Motor), with an increase of 5.7 mg Zn/kg potato bs. (30%) respecting to the control. To conclude, the fertilizations that were carried out with Zinc Sulfate during the cultivation of the two potato varieties resulted in an increase in zinc in the tubers, without negatively affecting the weight of harvested tubers/plant, or the yield of tubers/ha.

Keywords: INIAP-Fripapa, Chaucha roja potato, zinc in tubers.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

Los minerales son elementos indispensables en las diferentes funciones del cuerpo humano. Se dividen en minerales principales (macrominerales) y minerales secundarios (microminerales). Los macrominerales son: calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), cloro (Cl), fósforo (P) y azufre (S); mientras que los microminerales son: yodo (I), zinc (Zn), selenio (Se), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), cobalto (Co), molibdeno (Mo), fluoruro (F), cromo (Cr) y boro (B) (Taghi y Jafari, 2017).

Una dieta balanceada permite ingerir todos los minerales esenciales para el cuerpo, para lo cual es necesario consumir diferentes alimentos provenientes de vegetales y animales; sin embargo, los minerales que comúnmente faltan en la dieta de las personas, son: Fe, Zn, I, Se, Ca, Mg y Cu. El 60 % de la población mundial tiene deficiencia de Fe, más del 30 % tiene deficiencia de Zn y la mayoría del mundo en desarrollo tiene deficiencia de Ca (Davies, 2018).

En Ecuador, existen deficiencias significativas en micronutrientes en la población, como el zinc y el hierro. Las deficiencias se dan por un inadecuado manejo nutricional o porque, en un período del ciclo vital de la vida, exige una mayor cantidad de minerales. Su carencia en las etapas de desarrollo desencadena enfermedades en la etapa adulta, afectando el gasto en salud pública y en la economía de las familias (Vaca, 2015).

La deficiencia de Zn en una persona puede afectar el desarrollo cognitivo, deteriorar el crecimiento, ocasionar un retardo en la maduración sexual, y afectar el sistema inmunológico. Afecta sobre todo el crecimiento y desarrollo durante la infancia, su carencia es considerada un grave problema de salud pública que afecta en mayor proporción a los países de América Latina (Romero *et al.*, 2020).

Las estrategias para mejorar la biodisponibilidad del zinc incluyen la fortificación de alimentos, la biofortificación, la suplementación farmacéutica y la diversificación de la dieta (Singh *et al.*, 2021). La biofortificación es un método que permite aumentar

los niveles de nutrientes en las plantas a través de modificaciones agrícolas, agronómicas y genéticas (Kumar *et al.*, 2019; Sayantani y Anandharamakrishnan, 2022).

La biofortificación es el enriquecimiento de las partes comestibles de las plantas con elementos minerales. Se puede lograr a través de medios genéticos, agronómicos, o ambos. En este sentido, plantas que son empleados como alimentos básicos es muy apropiado para la biofortificación debido a su rentabilidad y sostenibilidad (Ierna *et al.*, 2020).

Los alimentos biofortificados deben estar disponibles para una gran parte de la población de manera asequible y considerando que la papa es un alimento de gran consumo, por lo tanto, la biofortificación de este tubérculo para obtener micronutrientes esenciales puede ser factible (Haynes *et al.*, 2012). Además, es un cultivo básico no cereal que se puede cultivar en diferentes condiciones climáticas y que brinda altos rendimientos (Singh *et al.*, 2021).

Para poder llevar a cabo programas de biofortificación con Zn en el cultivo de papas, se debe aplicar compuestos que posean Zn en el suelo a la siembra, en la fertilización foliar y en los tubérculos semillas antes de su siembra. Siendo la aplicación de fertilizantes de Zn en forma foliar y al suelo, como estrategias apropiadas para aumentar la biodisponibilidad de este elemento en los tubérculos (Baghla *et al.*, 2019).

El sulfato de zinc es considerado adecuado como fertilizantes foliares para aumentar las concentraciones de Zn en los tubérculos y mantener los rendimientos, además la biofortificación de este mineral no tiene efecto sobre las concentraciones de hierro, manganeso, cobre, calcio, magnesio o potasio en los tubérculos (White *et al.*, 2017).

Sharma *et al.* (2022), investigaron el efecto de la aplicación foliar de Sulfato de zinc en papa Kufri Pukhraj. Los resultados que obtuvieron fueron: 16.8 mg Zn kg⁻¹ papa seca en el tratamiento control y 18.4 mg Zn kg⁻¹ papa seca cuando la aplicación foliar fue de 3 g de Sulfato de zinc L⁻¹.

Quispe (2020) efectuó un ensayo en el valle de Cañete, Lima, Perú para la biofortificación agronómica del cultivo de papa variedad Única, con un fertilizante foliar compuesto de 5 kg de sulfato de zinc ha⁻¹; resultado fue de 20.7 mg Zn kg⁻¹ de papa seca y en el control registró 14.7 mg Zn kg⁻¹ de papa seca.

En el país, las papas son un alimento asequible y básico en la alimentación de la dieta del ecuatoriano, posee aproximadamente un 80% de agua en relación a su peso, el resto, 20%, es materia seca, de lo cual el almidón conforma un 65%, tiene entre 2 a 3% de proteína y posee un contenido bajo de grasas. Además, contiene unos 0.30 mg de Zn/100 g de papa (Rivadeneira *et al.*, 2016).

Considerando que los campesinos ecuatorianos generalmente son pobres y no pueden pagar o acceder a alimentos enriquecidos o suplementos de Zn. Por tal motivo, se considera adecuado investigar la aplicación de fertilización foliar con sulfato de zinc durante el cultivo de la papa como una forma de biofortificar con Zn los tubérculos y mejorar la disponibilidad de este elemento en la dieta de los ecuatorianos.

1.2. Justificación

La desnutrición de micronutrientes, también conocida como hambre oculta, es el problema nutricional más generalizado en el mundo, especialmente en mujeres, bebés y niños (Kromann *et al.*, 2017). Hoy en día, no se consume una dieta variada y es menos diversa que hace 30 años, lo que ha generado deficiencias, especialmente en hierro, zinc, yodo y selenio. La deficiencia de Zn ocupa el quinto lugar, entre los diez principales factores de riesgo que contribuyen a la carga de morbilidad a nivel mundial (Kumar *et al.*, 2019).

Desafortunadamente, la desnutrición mineral sigue siendo un problema común en todo el mundo y se considera uno de los desafíos globales más importantes para la nutrición humana (Ierna *et al.*, 2020).

La biofortificación agronómica, el fitomejoramiento y los enfoques transgénicos son algunas de las estrategias que se están empleando e investigando para mejorar la nutrición mineral del ser humano. Cultivos como cereales, leguminosas, semillas oleaginosas, verduras y frutas se han biofortificado a través de estas tres estrategias (Aryee, 2022). Sin embargo, las técnicas de biofortificación convencionales están ganando reconocimiento, por lo contrario, la biofortificación transgénica como estrategia sigue siendo controvertida (Gupta *et al.*, 2020).

La biofortificación agronómica implica la aplicación de fertilizantes específicos al suelo o directamente al follaje para aumentar la concentración de minerales

disponibles para la absorción por la planta. Diversos estudios con diferentes minerales han demostrado que el aumento de la concentración de los micronutrientes disponibles para absorción de las plantas se traduce en mayores niveles de minerales en porciones comestibles del cultivo (Tererai y Mcebisi, 2023).

El zinc es un nutriente que el ser humano necesitan para mantener una buena salud, debido a que está presente en las células de todo el cuerpo y ayuda al sistema inmunitario a luchar contra las bacterias y los virus que lo atacan. Por lo que, aumentar las concentraciones de Zn en cultivos básicos parece ser una solución eficaz. Siendo la papa el cultivo más consumido del mundo con una enorme demanda industrial, es el candidato ideal para la biofortificación (Singh *et al.*, 2021).

La papa es uno de los cultivos importantes a nivel mundial en términos de su uso en alimentación humana y en la industria del almidón. La papa ocupa el cuarto lugar entre los productos agrícolas del mundo en términos de volumen de producción (Banerjee, *et al.*, 2017).

La deficiencia de Zn en el cultivo afecta el desarrollo y la nutrición de las plantas, debido a que está estrechamente relacionado con la ruta del metabolismo del nitrógeno; se aumenta la síntesis de proteínas cuando se realiza la fertilización con Zn (Sharma *et al.*, 2022). El Zn juega un papel importante en la parte catalítica de varias enzimas, su deficiencia afecta el crecimiento de las raíces, lo que provoca una reducción en la absorción de agua y nutrientes del suelo, que conduce a una reducción en el crecimiento de las plantas, en la composición de nutrientes de sus partes y en el rendimiento del cultivo (Sati *et al.*, 2017).

La papa es uno de los rubros importantes de los sistemas de producción de la sierra ecuatoriana, constituye una fuente importante de alimentación e ingresos para la familia campesina (Cuesta *et al.*, 2022). La estrategia de fertilización foliar en el cultivo de papa para biofortificar los tubérculos con Zn, se considera una solución a corto plazo para aumentar la biodisponibilidad de este micronutriente en los tubérculos, que son de gran consumo por los ecuatorianos.

Por lo que, se pone a consideración la presente investigación, siendo su objetivo: evaluar el efecto de la fertilización foliar con sulfato de zinc en variedades de *Solanum tuberosum* L. para biofortificación de tubérculos con zinc en la provincia de Tungurahua.

1.3. Objetivos

1.3.1. *General*

Evaluar el efecto de la fertilización foliar con sulfato de zinc en INIAP-Fripapa y Chaucha roja para la biofortificación de tubérculos con zinc en la Granja Experimental Docente Querochaca.

1.3.2. *Específicos*

- Determinar la influencia del número de aplicaciones foliares de sulfato de zinc en la biofortificación de zinc en tubérculos de papa.
- Comparar dos tipos de aplicación foliar de sulfato de zinc (manual y a motor) sobre el contenido acumulado de zinc en los tubérculos.
- Establecer el mejor tratamiento de la fertilización foliar con sulfato de zinc en plantas de papa INIAP-Fripapa y Chaucha roja.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes investigativos

Sharma *et al.*, (2022), investigaron el efecto de la aplicación de sulfato de zinc en cultivos de papa en Punjab, India, sobre el contenido de este mineral en tubérculos. Obtuvieron como resultado lo siguiente: en papa Kufri Pukhraj, un aumento de 21.9 a 28.8 mg Zn/kg de papa seca y en Kufri Jyoti de 21.2 a 27.3 mg/kg de papa seca., cuando emplearon 10 kg de sulfato de zinc/ha en sembríos.

Quispe (2020) efectuó un ensayo en el valle de Cañete, Lima, Perú para la biofortificación agronómica del cultivo de papa variedad Única, con un fertilizante foliar compuesto de 5 kg de sulfato de zinc/ha; obteniendo como resultado un aumento desde 14.7 mg Zn/kg en el tratamiento control a 20.7 mg Zn/kg en papa seca.

Sarkar *et al.*, (2018), mencionan que el zinc juega un papel muy importante en el aumento de la producción y la calidad de los tubérculos de papa Kufri Jyotia. La carga de zinc en la papa a través de la fertilización foliar y de la aplicación del Zn al suelo aumentó la concentración de Zn en los tubérculos, pudiendo llegar a conseguir tubérculos con contenidos de 30 a 40 mg Zn/kg de materia seca. Adicionalmente señalan que la papa fortificada con zinc puede ser una opción potencial para reducir la desnutrición provocada por Zn en los países en desarrollo.

White, Thompson y Wright (2017) determinaron que la fertilización foliar con zinc aumentó las concentraciones de este elemento en los tubérculos, y que el óxido y el sulfato de zinc fueron más efectivos que el nitrato de zinc como fertilizantes foliares para aumentar las concentraciones de zinc tanto en la piel como en la pulpa de los tubérculos y al mismo tiempo mantener los rendimientos.

2.2. Categorías fundamentales

2.2.1. Zinc en la nutrición humana

El problema del acceso a una dieta nutritiva no es exclusivo de los países en desarrollo. En la actualidad, en casi todos los países se observan simultáneamente múltiples formas de desnutrición, retraso en el crecimiento, debilidad, deficiencias de micronutrientes, sobrepeso y obesidad (Allen y Brauw, 2018).

El empleo de la fertilización foliar con zinc en cultivos de papa, es una técnica, que consiste en aplicar disoluciones de nutrientes que contengan este mineral, como sulfato de zinc, directamente sobre el tejido foliar, lo cual permite corregir rápidamente las deficiencias nutricionales de zinc en la planta. Esta fertilización no compite con la aplicación tradicional de fertilizantes al suelo, sino que la complementa, lo cual ayuda a que mejore el contenido de zinc en los tubérculos de papa (Singh et al., 2021).

Los minerales son importantes para el cuerpo humano, se requieren 22 de ellos para distintas funciones, como mantener los huesos, corazón y cerebro funcionando. Pueden obtener a partir de una dieta variada, que se encuentran en una gran cantidad de alimentos de origen vegetal y animal (Davies, 2018).

Sus carencias están estrechamente relacionadas con la pobreza, las dietas deficientes, la agricultura subdesarrollada, sobre todo se encuentra en los países en desarrollo, especialmente en niños, mujeres embarazadas, ancianos y enfermos; que son las personas más vulnerables, dadas sus necesidades nutricionales particulares (Reynaud, 2014).

Tabla 1

Cantidad Diaria Recomendada (CDR) de zinc para diferentes grupos de edad y género

Años	Zinc		
	Hombre	Mujer	Embarazada
0-6 meses	2 mg	2 mg	
7-12 meses	3 mg	3 mg	
1-3 años	3 mg	3 mg	
4-8 años	5 mg	5 mg	
9-13 años	8 mg	8 mg	
14-18 años	11 mg	9 mg	12 mg
19-50 años	11 mg	8 mg	11 mg
51 años y más	11 mg	8 mg	

Fuente: Institutos Nacionales de Salud (NIH) mencionado en Singh et al. (2021).

El zinc es considerado un oligoelemento vital para las personas y a pesar de ser uno de los minerales más abundantes en el cuerpo humano, no se puede almacenar en cantidades significativas en el organismo y, por lo tanto, requiere una ingesta regular

o suplementos. En la Tabla 1, se presenta la cantidad diaria recomendada de Zn para diferentes grupos de edad y género, siendo las mujeres en estado de embarazo que requieren mayor ingesta de Zn (Singh *et al.*, 2021).

Según Sayantani y Anandharamakrishnan (2022) y Weyh *et al.*, (2022), el Zn tiene las siguientes funciones en el ser humano:

- Es el único metal que es cofactor (componente no proteico) necesario para la acción de más de 300 enzimas; aproximadamente 3000 proteínas dependen del Zn, incluidos los factores de transcripción y enzimas de señalización que están presentes en todas las etapas de transducción de señales celulares.
- Posee un papel esencial en la regulación transcripcional de la red metabólica celular.
- Es esencial para la homeostasis, diferenciación, crecimiento y mantenimiento del tejido conectivo, síntesis de ARN y ADN, activación celular y división celular.
- Equilibra el pH de los fluidos corporales y promueve la formación de colágeno para la piel, cabello y uñas, y ayuda a mejorar la destreza mental y la memoria.
- Actúa como antioxidante e influye en la estabilidad de las membranas biológicas y en la disposición de los complejos multiproteicos.
- Disminuye el estrés oxidativo, la apoptosis y el envejecimiento, y otras respuestas inmunitarias relacionadas.

2.2.2. Causas de la deficiencia de zinc en las personas

La deficiencia de zinc es cuando el cuerpo no posee la suficiente cantidad de este mineral, ya que es necesario para el sistema inmunológico, la cicatrización de heridas, el crecimiento y desarrollo normal durante el embarazo, la niñez y la adolescencia; por ello la carencia de este micronutriente es considerada un grave problema de salud pública que afecta en mayor proporción a los países de América Latina (Romero *et al.*, 2020).

Las causas de la deficiencia de Zn, según Kodama (2020) se pueden dividir en cuatro categorías principales, que son:

- a) **Ingesta insuficiente de Zn.** Las carnes son ricas en Zn, mientras que las verduras solo tienen cantidades mínimas. Debido a que los ancianos

generalmente comen menos alimentos, particularmente carne, a menudo sucumben a muchas deficiencias nutricionales, incluido este mineral. Los bebés también pueden sufrir deficiencia de Zn si la leche materna tiene un bajo contenido de este elemento. Los pacientes que tiene una severa discapacidad comen poca comida, llegan a sufrir de deficiencia de zinc.

- b) **Interferencia con la absorción de zinc.** Puede resultar de enfermedades hepáticas crónicas, cirrosis, enfermedades intestinales inflamatorias crónicas, ingesta excesiva de ácido fítico de los alimentos y otras causas.
- c) **Aumento en la cantidad requerida de zinc.** La dosis diaria recomendada de Zn en mujeres embarazadas y mujeres lactantes es más alta que la de las mujeres no embarazadas. Los atletas, especialmente mujeres, pueden experimentar deficiencia de este mineral.
- d) **Excreción excesiva de zinc en la orina.** Se produce en personas con enfermedades como la renal crónica y la diabetes mellitus.

2.2.3. Manifestaciones clínicas de la deficiencia de zinc en las personas

En 1934 se comprobó el rol fundamental del zinc en la nutrición, y en 1960 se identificó a la deficiencia de este elemento como responsable de muchas patologías humanas, que se relacionó con el enanismo en zonas pobres de Egipto e Irán. Las causas de la deficiencia de este elemento se deben a la ingesta dietética inadecuada (Romero *et al.*, 2020).

África tiene la prevalencia más alta de deficiencia de zinc, seguida de Asia y América Latina. A nivel mundial, la diarrea fue responsable de aproximadamente la mitad de las muertes relacionadas con la deficiencia de zinc y, por lo tanto, es una de las principales causas de muerte por deficiencia de este elemento en cada región (Gupta *et al.*, 2020).

Debido a la multitud de funciones bioquímicas del Zn en las células del cuerpo humano, existe una amplia gama de manifestaciones clínicas de su deficiencia, que varían con la edad. De acuerdo a Sayantani y Anandharamakrishnan (2022), las manifestaciones son las siguientes:

- Complicaciones en el embarazo y retardo en el crecimiento y desarrollo neurológico e inmunológico del feto.
- En la primera infancia, la diarrea es un síntoma prominente.

- Deterioro de la función cognitiva, problemas de comportamiento, deterioro de la memoria, problemas de aprendizaje y atrofia neuronal.
- Problemas de la piel se vuelven más frecuentes a medida que el niño crece.
- La alopecia, el retraso del crecimiento y las infecciones recurrentes son comunes en los niños en edad escolar.
- Las úlceras cutáneas crónicas que no cicatrizan y también las infecciones recurrentes son comunes entre los ancianos.

2.2.4. El zinc en el suelo

El contenido de Zn en suelos de cultivo se halla entre 10 a 80 mg kg⁻¹ y su disponibilidad es fuertemente influenciado por el pH. La cantidad de Zn intercambiable disminuye con el aumento del pH y es muy bajo a partir de un pH 6. La deficiencia de este mineral en el suelo, se debe a algunos factores como la escasez en la tierra, la poca disponibilidad y el agotamiento de este mineral en el suelo. Este elemento es uno de las principales limitantes del crecimiento y desarrollo de las especies vegetales (Amezcuca y Lara, 2017).

El Zn también se encuentra en las aguas superficiales y subterráneas, y entra en el medio ambiente a través de varias fuentes, incluido el drenaje de minas, desechos industriales y municipales, la escorrentía urbana y, principalmente, la erosión de las partículas del suelo que contienen Zn. El contenido máximo recomendado en el agua de riego es de 2 mg L⁻¹, ya que contenidos más altos pueden ser tóxicos para muchas plantas y pueden contaminar los acuíferos (Noulas *et al.*, 2018).

2.2.5. El zinc en la planta

El Zn es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, la cantidad que necesita oscila entre 15 y 20 miligramos de Zn por kilogramo de tejido seco, representan menos de 0.1% del peso seco total del tejido. Entre los principales síntomas visibles asociados con la deficiencia de este mineral en las plantas, se encuentran la disminución en el tamaño del organismo y de sus hojas, inclusive llegan a morir los ápices de las hojas y ramas (Amezcuca y Lara, 2017).

Chung (2022), señala que, el zinc tiene un papel clave en las actividades bioquímicas de las plantas, como las siguientes:

- Participa en la activación de enzimas, como ARN polimerasas, superóxido dismutasa, alcohol deshidrogenasa, anhidrasa carbónica.

- En la síntesis de proteínas, en el metabolismo de carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos, y en la síntesis de la clorofila.
- La mayoría de las enzimas relacionadas con el Zn están involucradas en la transcripción y mantenimiento del ADN y del procesamiento y la traducción del ARN.
- Mantiene la integridad estructural de la membrana celular.
- Juega un papel importante en la tolerancia de sequía en las plantas, aliviando el estrés en las mismas.
- En el metabolismo de la hormona auxina (regulador de crecimiento).
- En la resistencia a la infección de ciertos patógenos.

2.2.6. Biofortificación agronómica

La biofortificación es el proceso que permite aumentar el valor nutricional de los cultivos alimentarios, al incrementar la cantidad de vitaminas y minerales a medida que las plantas crecen en lugar de agregar nutrientes a los alimentos cuando se procesan. Esta estrategia proporciona un aumento de micronutrientes a través de la aplicación de fertilizantes que puedan aumentar los niveles de zinc, níquel, yodo, cobre, molibdeno y selenio en diversas partes comestibles de las plantas mediante el uso de técnicas agrícolas (Frano *et al.*, 2018; Kumar and Kumar, 2020).

En el uso de fertilizantes que contengan micronutrientes para lograr la biofortificación tanto genética como agronómica, debe estar presentes en el entorno del cultivo en forma disponible para la planta (Kromann *et al.*, 2017).

El enriquecimiento con micronutrientes en productos agrícolas se ha implementado en varios países occidentales, pero sigue siendo inaccesible para las poblaciones rurales pobres en la mayor parte del mundo (Blancquaert *et al.*, 2017). Por lo que es importante que la biofortificación sea implementada como una técnica adecuada para mejorar el contenido de los micronutrientes en los vegetales.

2.2.7. Planta de papa como cultivo versátil para la biofortificación con zinc

Aumentar las concentraciones de micronutrientes en cultivos básicos parece ser una solución más efectiva. Al ser la papa un alimento imprescindible en la dieta diaria de muchos países puede ser una buena alternativa a la biofortificación con zinc, además debe considerar su facilidad de cultivo, requiere menos tierra que otros cultivos importantes y sobre todo proporciona más nutrientes por unidad de superficie. La papa

se cultiva en diferentes climas, en regiones templadas, tropicales y subtropicales, y su producción y consumo ha aumentado enormemente en los países en desarrollo (Singh *et al.*, 2021).

Según Sharma *et al.*, (2022), la papa puede tener una alta biodisponibilidad de Zn, que lo que los convierte en un cultivo clave en la lucha contra la deficiencia de este mineral en la población. La mayoría de los estudios han indicado que la biofortificación con Zn en papa se puede lograr con la aplicación foliar y edáfica de compuestos de este elemento

2.2.8. *Contenido nutricional de la papa*

Los tubérculos de papa son altamente digeribles, aportan vitamina C, proteínas, tiamina y niacina, contiene 0.35 mg de zinc/100 g papa (Tabla 2). Debido a su valor nutritivo de la papa, se convirtió en el alimento básico de muchos países; se sirven con frecuencia enteras o en puré con vegetales cocidos, fritas, en forma de snack, también se muelen en harina de papa, se emplea para hornear y como espesante para salsas.

Tabla 2

Perfil nutricional del tubérculo de papa cruda entera

Nombre	Valor por 100 g
Agua	83.29 g
Energía	58 kcal
Proteína	2.57 g
Total, lípidos (grasa)	0.10 g
Carbohidratos por diferencia	12.44 g
Fibra total dietaria	2.5 g
Calcio, Ca	30 mg
Hierro, Fe	3.24 mg
Magnesio, Mg	23 mg
Fosforo, P	38 mg
Potasio, K	413 mg
Sodio, Na	10 mg
Zinc, Zn	0.35 mg
Vitamina C	11.4 mg

Fuente: United States Department of Agriculture (USDA), Agricultural Research Service (ARS) (2018).

2.2.9. Morfología de la planta de papa

La planta de papa (*Solanum tuberosum*) es herbácea que produce tubérculos comestibles que se forman bajo tierra. La planta puede desarrollarse a partir de una semilla o de un tubérculo.

Figura 1

Morfología de la planta de papa



Fuente: Racines *et al.*, (2021).

Racines *et al.*, (2021) y Petruzzello (2022), mencionan que las partes de la planta de papa (Figura 1) se presenta de la siguiente forma:

- **Tallos:** las plantas provenientes de semilla verdadera tienen sólo un tallo principal, mientras que las provenientes de tubérculos pueden producir varios tallos. Los tallos laterales son ramas de los tallos principales.
- **Raíces:** su función es sujetar la planta al suelo y absorber los nutrientes.
- **Hojas:** tienen diferentes formas, tamaño y color, son encargadas de transformar la energía solar en alimenticia.
- **Flores:** son blancas, lavanda o violeta tienen cinco pétalos fusionados y estambres amarillos, son las encargadas de la reproducción sexual.
- **Frutos:** son pequeñas bayas venenosas, contienen el alcaloide tóxico solanina, poseen numerosas semillas de forma redonda u ovaladas, de color que va desde el verde amarillo hasta violeta. Contiene la semilla sexual que se utiliza para mejoramiento genético.
- **Estolón:** los tallos se extienden bajo tierra en estructuras llamadas estolones. Los extremos de los estolones pueden agrandarse para formar los tubérculos.

- **Tubérculos:** crecen dentro de la tierra, almacenan reservas de agua, almidones, proteínas, minerales y vitaminas. Los tubérculos son muy variables en forma y color. En su forma pueden ser: comprimidas, redondas, ovaladas y largas. El color de la piel del tubérculo varía del amarillo al rosa o morado

2.2.10. Variedades de papas del estudio

En el año 2021, el país produjo 244 749 toneladas de papa, con una superficie cosechada de 19 088 hectáreas y un rendimiento promedio de 12.82 t ha⁻¹. Siendo Carchi, Chimborazo y Tungurahua las provincias con mayor superficie cosechada, con 66.33% del total (Cuesta *et al.*, 2022).

En la provincia del Tungurahua existe mayor presencia de variedades de papas mejoradas, especialmente de la variedad Fri papa que es la más producida. Aunque, es evidente que el consumo de papas está presente en variedades mejoradas y no en variedades nativas, no dejan de ser importante las papas nativas por su aceptación en las comunidades campesinas, por lo que se seleccionó a la papa Chaucha roja. En la Tabla, 3 se menciona algunas características de las variedades de papa: INIAP-Fripapa y Chaucha roja.

Tabla 3

Características de las variedades de papa: INIAP-Fripapa y Chaucha roja

Variedad de papa	Características	Fotografía
INIAP- Fripapa	<p>Origen Genético: (Bulk México x 378158721) x I-1039. Obtentor: INIAP. Año de Liberación: 1995. Características agronómicas: Altitud de cultivo: 2800 a 3400 msnm. Maduración: Intermedia (150 - 180 días). Rendimiento: 20 - 30 t/ha.</p>	
Chaucha roja	<p>Papa nativa de forma elíptica, con ojos superficiales, el color de la piel es rojo pálido, su pulpa es amarilla claro, son utilizados en la cocina para la preparación de locros o en la preparación de papas con cascara. Características agronómicas: Altitud de cultivo: 3000 a 3200 msnm. Maduración: 140 días. Rendimiento: 14 t/ha.</p>	

Fuente: Cuesta *et al.*, (2022).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación del experimento

La parte experimental se realizó en la provincia de Tungurahua, en el campus Querochaca de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato ubicado en el cantón Cevallos, que se halla a una altura de 2 865 msnm, coordenadas geográficas: 01° 22' 02'' de Latitud Sur, 78° 36' 20' de Longitud Oeste (INAMHI 2016)

Se empleó un terreno de aproximadamente 1400 m² con suelo apropiado para el cultivo de papa, con una buena estructura y buen drenaje para ventilación de las raíces y desarrollo de los tubérculos.

3.2. Equipos, materiales y abonos

3.2.1. Equipos

- Computadora.
- Impresora.
- Balanza de precisión marca Camry.
- Bomba de fumigación manual y a motor marca Marelli (0.2 - 0.4 MPa, megapascal).

3.2.2. Materiales

- Semilla de papa Chaucha roja.
- Semilla de INIAP-Fripapa.
- Azadón.
- Botas de caucho.
- Esferos.
- Cuadernos de apuntes.
- Estacas con letreros.
- Flexómetro.
- Guantes.
- Pico.
- Rastrillo.
- Sacos.

- Piola.

3.2.3. Abonos

- Ácidos Húmicos.
- Fertipapa a la siembra (13N - 32P₂O₅ - 11K₂O - 3 MgO - 4S)
- Fertipapa al aporque (15N - 17P₂O₅ - 19K₂O - 3MgO - 4S - 0.3B).
- Sulfato de zinc.
- Fungicida y plaguicidas.

3.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación del presente estudio fue experimental de campo.

3.3.1. Hipótesis

Ho: Existe un incremento del contenido de zinc en los tubérculos de papas, variedades INIAP-Fripapa y Chaucha roja, cuando se emplean la fertilización foliar con sulfato de zinc.

H1: No existe un incremento en el contenido de zinc en los tubérculos de papa variedades INIAP-Fripapa y Chaucha roja, cuando se emplean la fertilización foliar con sulfato de zinc.

3.3.2. Población o muestra

En el presente estudio permite valorar las causas y los efectos que tiene una variable sobre otra dentro de una investigación experimental. Existen dos tipos de variables: (a) variable independiente, que se manipula y se pone a prueba en una investigación para corroborar la veracidad o falsedad de una hipótesis, y (b) variable dependiente, es el resultado medible de esta manipulación, son los resultados del diseño experimental (Fernández, Trapero y Domínguez, 2018).

3.4. Recolección de información

En la recolección de la información se realizó siguiendo los siguientes pasos:

3.4.1. Diseño experimental

En la parte experimental del estudio se empleó un diseño factorial (A*B*C), formado por 3 factores: (A) Variedades de papas (INIAP-Fripapa y Chaucha roja), (B) Número de aplicaciones en la fertilización foliar (0, 1, 2 y 3) y Forma de aplicación foliar (Bomba de fumigación manual y bomba de fumigación a motor) (Tabla 4), con un

total de 16 tratamientos (Tabla 5), el estudio se efectuó con tres réplicas en cada tratamiento.

Tabla 4

Factores y niveles en el diseño experimental

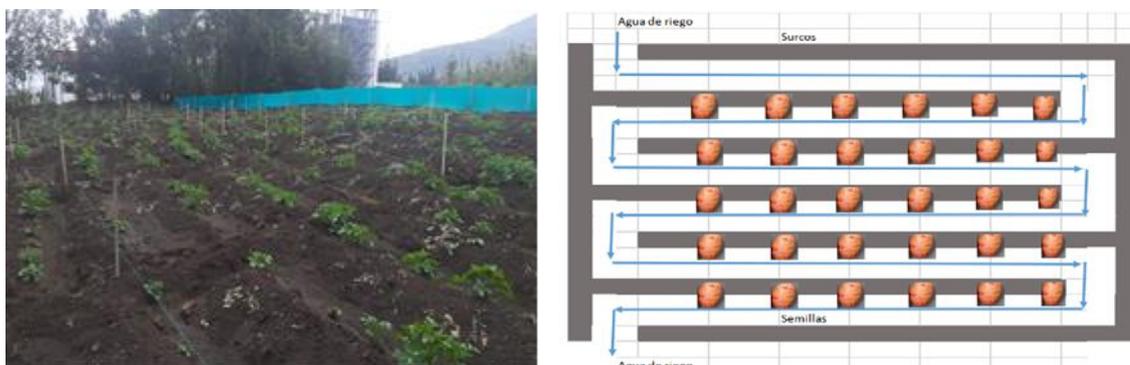
Factor	Niveles
(A) Variedades de papa	(a1): INIAP-Fripapa (a2): Chaucha roja
(B) Número de aplicaciones de sulfato de zinc en la fertilización foliar	(b1): Sin aplicación (b2): 1 (b3): 2 (b4): 3
(C) Forma de aplicación foliar empleando bomba de fumigación	(c1): Manual (c2): Motor

Nota: Número de aplicaciones de sulfato de zinc en la fertilización foliar: 1, 2 y 3 se efectuaron a los 45, 60 y 75 días después de la siembra respectivamente. En cada aplicación se realizó con la misma cantidad de fertilización foliar de sulfato de zinc.

En la investigación, el tamaño de la parcela de cada tratamiento fue de 21.6 m² (5.4 m x 4 m), con 5 surcos de siembra separados por 1 m de cada surco. Se sembraron 30 tubérculos en la parcela, colocados a 0.5 m y distribuidos 6 por cada surco. El tamaño del terreno para el experimento fue de 1036.8 m² que sirvió para distribuir al azar los 16 tratamientos y sus 3 réplicas. El riego de agua se efectuó por gravedad a través de cada surco.

Figura 2

Parcelas distribuidas al azar de los 16 tratamientos y sus 3 réplicas en el terreno de experimentación. Forma de distribución de 30 tubérculos de papa en cada parcela



Fuente: Autor (2023).

La combinación en cada tratamiento del experimento se indica en la Tabla 5 y su distribución en el terreno de experimentación se presenta en el Anexo, Figura 9.

Tabla 5

Combinación en cada tratamiento del experimento

Tratamientos	Combinación	Combinaciones
T1	a1b1c1	INIAP-Fripapa-Sin aplicación de sulfato de zinc-Manual
T2	a1b1c2	INIAP-Fripapa-Sin aplicación sulfato de zinc-Motor
T3	a1b2c1	INIAP-Fripapa-1 aplicación sulfato de zinc-Manual
T4	a1b2c2	INIAP-Fripapa-1 aplicación sulfato de zinc-Motor
T5	a1b3c1	INIAP-Fripapa-2 aplicaciones sulfato de zinc-Manual
T6	a1b3c2	INIAP-Fripapa-2 aplicaciones sulfato de zinc-Motor
T7	a1b4c1	INIAP-Fripapa-3 aplicaciones sulfato de zinc-Manual
T8	a1b4c2	INIAP-Fripapa-3 aplicaciones sulfato de zinc-Motor
T9	a2b1c1	Chaucha roja-Sin aplicación sulfato de zinc-Manual
T10	a2b1c2	Chaucha roja-Sin aplicación sulfato de zinc-Motor
T11	a2b2c1	Chaucha roja-1 aplicación sulfato de zinc-Manual
T12	a2b2c2	Chaucha roja-1 aplicación sulfato de zinc-Motor
T13	a2b3c1	Chaucha roja-2 aplicaciones sulfato de zinc-Manual
T14	a2b3c2	Chaucha roja-2 aplicaciones sulfato de zinc-Motor
T15	a2b4c1	Chaucha roja-3 aplicaciones sulfato de zinc-Manual
T16	a2b4c2	Chaucha roja-3 aplicaciones sulfato de zinc-Motor

Fuente: Autor (2023).

3.4.2. Manejo del experimento

En la experimentación se emplearon tubérculos de papa, como: INIAP-Fripapa y Chaucha roja, y se realizaron los siguientes pasos:

Toma de muestra y reporte de datos. Se recolectaron muestras de suelo antes de la siembra, a una profundidad de 30 cm, para determinar el contenido de nutrientes disponibles (Sharma *et al.*, 2022). Luego fue enviado al laboratorio de la Estación Experimental “Santa Catalina” para su análisis.

El reporte de resultados del suelo (Anexo 1, Tabla 26) fue el siguiente: 86.16 ppm de N (considerado alto), 68.50 ppm de P (considerado alto), 12.43 ppm de S (considerado medio), 0.98 ppm de B (considerado Bajo), 2.28 meq K/100 g (considerado alto), 14.3 meq Ca/100 g (considerado alto), 3.60 meq de Mg/100 g (considerado alto), 2.8 ppm de Zn (considerado bajo), 7.50 ppm de Cu (considerado alto), 81 ppm de Fe (considerado alto), 9.50 ppm de Mn (considerado medio). El terreno tiene un pH 7.67 (ligeramente alcalino) y de textura Franco Arenosos (61% arena, 31% limo y 8% arcilla).

Con los resultados del análisis del suelo se efectuó un adecuado programa de fertilización, tomando en consideración lo recomendado por Valverde y Alvarado (2009), Tabla 6. En la fertilización del estudio se emplearon los siguientes abonos:

- 6 sacos de 50 kg de Fertipapa (13N - 32P₂O₅ - 11K₂O - 3 MgO - 4S) / ha, colocados a la siembra de los tubérculos.
- 6 sacos de 50 kg de Fertipapa al aporque (15N - 17P₂O₅ - 19K₂O - 3MgO - 4S - 0.3B)/ ha, colocados al aporque.

Tabla 6

Recomendaciones de fertilización para papa comercial (Población 27778 plantas ha-1)

Reporte de datos nutricionales del suelo	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
	kg/ha			
Bajo	150 - 200	300 - 400	100 - 150	20 - 30
Medio	100 - 150	200 - 300	60 - 100	10 - 20
Alto	50 - 100	100 - 200	30 - 60	0 - 10

Fuente: Valverde y Alvarado (2009).

4.4.3. Preparación del suelo

Arado. Antes de la siembra se efectuó un arado empleando un tractor.

Cruza. Se realizó en sentido perpendicular al arado, con el fin romper los terrones grandes para dejar el terreno homogéneo.

Rastra. Se efectuó con el tractor con la finalidad desmenuzar los terrones grandes, retaceando los desechos de rastros y dejando uniforme la superficie de tierra.

Abonamiento orgánico. En el área de terreno de la parte experimental se agregó Naturvigor G antes de la formación de surcos, la dosis fue de 2 t/ha. El abono Naturvigor G es un mejorador formado por estiércol de ganadería certificada, compostado en atmósfera controlada, y ácidos húmicos provenientes de Leonardita, que es materia orgánica asociada al lignino que no ha terminado su transformación a carbón. Su composición es 1.2% N, 1.2% P₂O₅, 1.2 % K₂O, 10.7% de ácidos húmicos, 8.7% de ácidos fúlvicos, 1% de Fe, pH: 6 y relación C/N: 16.9 (Romero, 2019).

Formación de surcos. Cada parcela neta fue formada por 5 surcos separados por 1 m de cada surco. En la formación de los surcos se empleó una pala, arrojando la tierra a una altura de 30 cm en cada surco para formar un camino entre surcos de tal manera que corra con facilidad el agua de riego.

Desinfección de las papas semilla. Para desinfectar las semillas se utilizó como fungicida Captan en dosis de 5 g/litro de agua, 48 horas antes de la siembra, para lo cual se efectuó una aspersión del fungicida preparado sobre las semillas.

Siembra. Para la siembra se realizó un agujero de 8 a 10 cm de profundidad cerca del surco, en él se depositó la semilla de papa para luego tajarla con tierra. El número de tubérculos sembrados por cada réplica de cada tratamiento fue de 30 tubérculos, colocados a 0.5 m de cada semilla, distribuidas 6 semillas por cada surco y en 5 surcos.

Aplicación del abono. La aplicación de los abonos se efectuó en las fechas indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 7*Abonos que se aplicaron en el experimento*

Fertilización a la siembra	Fertilización a los 70 días de la siembra (Aporque)
Fertipapa a la siembra (13N - 32P2O5 - 11K2O - 3 MgO - 4S)	Fertipapa al aporque (15N - 17P2O5 - 19K2O - 3MgO - 4S - 0.3B)

Fertilización foliar con sulfato de zinc. La aplicación se realizó de acuerdo al diseño estadístico y se empleó en cada aplicación a razón de 1.8 kg de sulfato de zinc por hectárea. No se utilizó adhesivo ni aditivo para la aplicación foliar. La aplicación foliar fue de la siguiente manera:

Tabla 8*Fertilización foliar con sulfato de zinc en el experimento*

Número de aplicaciones en la fertilización foliar	Dosis de sulfato de zinc en la aplicación (kg ha ⁻¹)	Dosis de sulfato de Zn acumulado durante el cultivo (kg ha ⁻¹)
(b1): 0	0	0
(b2): 1	1.8	1.8
(b3): 2	1.8	3.6
(b4): 3	1.8	5.4

Nota: Número de aplicaciones en la fertilización foliar: 1, 2 y 3 fueron a los 45, 60 y 75 días después de la siembra, respectivamente. En cada aplicación se realizó con la misma cantidad de fertilización foliar de sulfato de zinc.

La fertilización foliar se realizó entre las 08h00 hasta las 10h00 am, para evitar que la radiación fuerte del medio día quemen las hojas.

Riego. En las parcelas de los tratamientos se aplicaron un riego por gravedad, regando semanalmente según la necesidad del cultivo.

Deshierbe. El deshierbe se efectuó a los 30 días de la siembra, con el objetivo de mantener el suelo libre de malezas y que crezcan solo las plantas de papa. Durante el cultivo se realizaron varios procesos de deshierbe en forma manual y con la ayuda de un azadón.

Aporque. El aporque se realizó a los 70 días después de la siembra, que consistió en acumular tierra en la base del tallo de las plantas, formando una montaña de 30 cm de alto, a lo largo de la hilera de las plantas.

Controles fitosanitarios. El cultivo fue monitoreado constantemente para controles fitosanitarios. A los dos meses del cultivo se observó en algunas plantas la presencia de Tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa y se encontraron algunos gusanos blancos al remover la tierra cuando se realizó el aporque. Para los controles se fumigó a todas las plantas de los tratamientos empleando una bomba de aspersion, de la siguiente manera:

- Para el Tizón tardío se utilizó Fungicida Metarranch maz (formado por Metalaxil, 100 g/kg; Mancozeb, 480 g/kg; Ethylene thiourea ETU, 5 g/kg, y excipientes c.s.p. hasta completar 1 kg) en una dosis de 2 kg/ha. En la preparación se mezcló con un fijador de Inederagro (Éter Fenol Poliglicólico al 17 (%) p/v) en una proporción de 0.75 ml/ litro de agua).
- Para el gusano blanco se utilizó Engeo (formado por 141 g Tiametoxam y 106 g Lambdacialotrina/l de insecticida) en cantidad de 200 cm³/ha más Curacron (500 g Profenofos/l insecticida) en cantidad de 0.80 l/ha. Los dos insecticidas fueron mezclados con 5 l Lonite/ha. Lonite es una enmienda orgánica líquida que contiene 14% de ácidos húmicos y fúlvicos, 0.2% de NO y 2.5% K₂O, por un elevado contenido en ácidos húmicos y fúlvicos procedentes de Leonardita.

A los 74 días de cultivo se aplicó fosfito de potasio a todos los tratamientos vía foliar, para estimular el crecimiento de las plantas y mejorar su estado sanitario y nutricional.

A los 95 días de cultivo se adicionó a todos los tratamientos, un fungicida preventivo 1.5 kg de Curalancha (Cymoxanil 8 %, Mancozeb 64%)/ha, para el tizón tardío en la papa. Adicionalmente para el engrose del tubérculo se agregó en forma foliar K50 (abono líquido con 50% de K₂O) en proporción de 2 l/ha, y Calcio - Boro (17.59% de Calcio y 0.61% Boro) en proporción de 1 l/ha.

Cosecha. La cosecha se efectuó cuando las plantas presentaron al menos un 75% de signos de senescencia o cuando las hojas decaigan y estén amarillentas, también se visualizó que está listo para cosechar, cuando el tubérculo al friccionarlo ya no se pela la piel.

3.5. Procesamiento de la información y análisis estadístico

Durante el procesamiento de la información se empleó el programa estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI. Se efectuaron los análisis de variancia (ANOVA), seguidos de la prueba de Tukey, cuando existieron diferencias consideradas estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en los tratamientos. En la elaboración de las tablas de resultados se expresaron la media \pm desviación estándar.

3.6. Variables respuesta o resultados esperados

A continuación, se mencionan las variables respuestas de la investigación:

Número de tubérculos por planta: Después de la cosecha se contó el número de tubérculos planta⁻¹, en base a una muestra de 10 plantas tomadas al azar dentro de cada parcela en cada tratamiento (Romero, 2019).

Peso de los tubérculos por planta: Con una balanza se pesaron los tubérculos cosechados por planta, para lo cual, se tomaron 10 plantas al azar dentro de cada parcela por tratamiento. Los valores se expresaron en kg de papas planta⁻¹ (Quespaz, 2022).

Rendimiento del cultivo: Se cosecharon 10 plantas de papa de cada parcela y se expresaron en kg papa ha⁻¹ en cada réplica de cada tratamiento (León- Ruiz *et al.*, 2022).

Contenido de Zn en el tubérculo: Se tomó un kg de papas de cada parcela de cada tratamiento, se lavaron en agua y se secaron al ambiente. Las muestras de papas empacadas fueron llevados al Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, para el análisis de Zn. El método de análisis de zinc que empleó el INIAP fue el método interno MO-LSAIA-03.02. El contenido fue expresado en mg Zn/kg de papa en base seca en cada parcela de cada tratamiento (Rivadeneira, 2016).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Emergencia, altura y diámetro de las plantas

En el presente estudio se consideró como resultados experimentales, el número de tubérculos/planta, peso de tubérculos/planta, rendimiento del cultivo por hectárea y contenido de zinc en el tubérculo. Sin embargo, durante el cultivo se observó que en la variedad INIAP-Fripapa fueron plantas más grandes que las de papa Chaucha roja.

Se observó que la papa Chaucha roja durante su cultivo presentó un promedio en todos sus tratamientos de 93.75 ± 3.14 % de emergencia, 58.95 ± 1.3 cm de altura en la planta y 56.90 ± 2.9 cm de diámetro de la misma planta. La altura y el diámetro de las plantas fueron medidas a los 94 días de cultivo; sus medidas fueron mayores a los indicados por Romero (2019), que empleó en su experimento semilla prebásica de Chaucha roja cultivado en un sistema de producción aeropónico, y obtuvo como resultado un 98.67 ± 2.04 % de emergencia, 45.3 ± 1.3 cm de alto de la planta y 53.2 ± 3.0 de diámetro en planta, cuando fueron cultivados en los terrenos del Campus Querochaca de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato ubicado en el cantón Cevallos.

En cambio, en INIAP-Fripapa del presente estudio, mostró un promedio en todos sus tratamientos de 91.26 ± 1.47 % de emergencia, 88.58 ± 2.35 cm de altura y 72.28 ± 1.83 cm de diámetro de la planta a los 94 días de cultivo, valores que difieren de los presentados por Ortega (2023), que señala un 96% de emergencia, y 80 cm de altura de la planta de papa, cuando fue cultivado en el sector Carboncillo del cantón Saraguro de la provincia de Loja en Ecuador.

4.2. Número de tubérculos por planta

Papa Chaucha roja e INIAP-Fripapa fueron cosechados a los 138 y 165 días, respectivamente. En la Tabla 9, se presenta el número de tubérculos por plantas obtenidas en cada tratamiento. En INIAP-Fripapa, se consiguió un valor de 18.4 ± 1.5 tubérculos/planta en el tratamiento control T1 (INIAP-Fripapa, sin aplicación de sulfato de zinc). Este valor se halla dentro del rango presentado por Punina (2013), que reporta de 12.20 a 19.60 tubérculos/planta en la misma variedad, cuando fue cultivada en la parroquia Pilahuín del cantón Ambato. Representa una cantidad menor a lo

señalado por Andrade *et al.* (1999), que mencionan 22 tubérculos/planta, estudio que fue realizado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias del INIAP.

Tabla 9

Número de tubérculos por planta en cada tratamiento

Tratamiento	Combinación	Denominación	R1	R2	R3	Promedio $\pm \alpha$
T1	a1b1c1	INIAP-Fripapa-Sin aplicación de sulfato de zinc-Manual	19.9	16.8	18.5	18.4 \pm 1.5
T2	a1b1c2	INIAP-Fripapa-Sin aplicación sulfato de zinc-Motor	18.8	17.2	18.6	18.2 \pm 0.9
T3	a1b2c1	INIAP-Fripapa-1 aplicación sulfato de zinc-Manual	18.0	17.9	20.0	18.7 \pm 1.2
T4	a1b2c2	INIAP-Fripapa-1 aplicación sulfato de zinc-Motor	17.3	19.3	19.4	18.6 \pm 1.2
T5	a1b3c1	INIAP-Fripapa-2 aplicaciones sulfato de zinc-Manual	20.5	17.9	18.2	18.8 \pm 1.4
T6	a1b3c2	INIAP-Fripapa-2 aplicaciones sulfato de zinc-Motor	18.0	17.9	20.0	18.7 \pm 1.2
T7	a1b4c1	INIAP-Fripapa-3 aplicaciones sulfato de zinc-Manual	17.8	19.8	19.1	18.9 \pm 1.0
T8	a1b4c2	INIAP-Fripapa-3 aplicaciones sulfato de zinc-Motor	17.9	20.4	18.6	19.0 \pm 1.3
T9	a2b1c1	Chaucha roja-Sin aplicación sulfato de zinc-Manual	16.2	14.8	16.1	15.7 \pm 0.8
T10	a2b1c2	Chaucha roja-Sin aplicación sulfato de zinc-Motor	17.0	14.5	15.8	15.8 \pm 1.3
T11	a2b2c1	Chaucha roja-1 aplicación sulfato de zinc-Manual	14.9	15.5	17.6	16.0 \pm 1.5
T12	a2b2c2	Chaucha roja-1 aplicación sulfato de zinc-Motor	14.9	17.2	16.7	16.3 \pm 1.2
T13	a2b3c1	Chaucha roja-2 aplicaciones sulfato de zinc-Manual	16.7	16.6	15.2	16.2 \pm 0.8
T14	a2b3c2	Chaucha roja-2 aplicaciones sulfato de zinc-Motor	17.2	15.4	16.6	16.4 \pm 0.9
T15	a2b4c1	Chaucha roja-3 aplicaciones sulfato de zinc-Manual	14.9	17.5	17.2	16.5 \pm 1.4
T16	a2b4c2	Chaucha roja-3 aplicaciones sulfato de zinc-Motor	15.4	17.3	16.7	16.4 \pm 1.0

Nota: Las réplicas son el promedio de n=10.

En cambio, en papa Chaucha roja, se obtuvo 15.7 \pm 0.8 tubérculos/planta en el tratamiento control T9 (Chaucha roja, sin aplicación sulfato de zinc), este valor se halla

entre lo reportado por Romero (2019), que indica 12.03 ± 1.04 a 16.53 ± 1.40 número de tubérculos/planta, cuando fue cultivado en el sector de Querochaca perteneciente a la Universidad Técnica de Ambato en el cantón Cevallos; para esta misma variedad, otros autores como Chávez (2013) señalan 16.63 tubérculos/planta en cultivos provenientes del sector de Pilahuín del cantón Ambato, y al reportado por Pavón (2014), que menciona 19 tubérculos/planta, cuando fue cultivada en el sector de Cutuglagua en Quito. Estas diferencias que existen en los estudios pueden deberse a lo señalado por Rousselle (1996), que menciona que el número de tubérculos cosechados está influenciado por la variedad, factores del medio ambiente, principalmente fotoperiodo y temperatura.

Tabla 10

Análisis de Varianza en el número de tubérculos/planta

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Variedad de papas	74.7502	1	74.7502	54.15	0.0000**
B: Número de aplicaciones de zinc	3.12563	3	1.04188	0.75	0.5283
C: Forma de aplicar el zinc	0.00520833	1	0.00520833	0.00	0.9514
D: Réplicas	3.09292	2	1.54646	1.12	0.3395
INTERACCIONES					
AB	0.030625	3	0.0102083	0.01	0.9991
AC	0.130208	1	0.130208	0.09	0.7609
BC	0.075625	3	0.0252083	0.02	0.9966
ABC	0.140625	3	0.046875	0.03	0.9914
RESIDUOS	41.4137	30	1.38046		
TOTAL (Corregido)	122.765	47			

Nota: ** diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

El análisis de varianza en el número de tubérculos por planta (Tabla 10) determinó que existen diferencias altamente significativas ($\alpha < 0.05$) en la variedad de papa, no existiendo diferencia significativa en el número de aplicaciones de sulfato de zinc, ni en la forma de aplicaciones del sulfato de zinc, tampoco existió en las interacciones.

Al existir diferencia altamente significativa en la variedad de papa, se realizó la Prueba de Rango Múltiple de Tukey en el número de tubérculo/planta por variedad de papa (Tabla 11) y se estableció que la variedad de papa con mayor número de tubérculos en la cosecha fue para INIAP-Fripapa, seguida de cerca por papa Chaucha roja.

Tabla 11

Prueba de Rango Múltiple de Tukey en el número de tubérculo/planta por variedad de papa

Variedad de papa	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
INIAP-Fripapa	24	18.6583	0.239831	a
Chaucha roja	24	16.1625	0.239831	b

En la Tabla 12 se presentan los grupos homogéneos en el número de tubérculos/planta de los diversos tratamientos y en la Figura 3, una representación gráfica del número de tubérculos/planta en cada tratamiento, en la que se incluye los grupos homogéneos. Observándose que los mejores tratamientos se hallan en el grupo conformado por (T8, T7 y T5), seguido por el grupo (T4, T3 y T6), luego por T1 y T2. Estos 8 tratamientos primeros pertenecen a la variedad INIAP-Fripapa. Luego continúan con los siguientes 8 tratamientos que pertenecen a papa chaucha roja, en el siguiente orden de grupos: (T15 y T16), seguido de (T14 y T12), continuando con (T13 y T11), y por último (T10 y T9).

En INIAP-Fripapa, el número promedio de tubérculos cosechados por planta van desde 18.4 ± 1.5 tubérculos/planta en T1 en el tratamiento control (INIAP-Fripapa-Sin aplicación de sulfato de zinc-Manual) hasta el mejor tratamiento con 19.0 ± 1.3 que corresponde a (INIAP-Fripapa-3 aplicaciones sulfato de zinc-Motor). Es decir, existe un incremento de 3.26% del número de papas entre el mejor tratamiento y el control, cuando a las plantas se realizan tres aplicaciones de zinc y con bomba a motor; sin embargo, se debe recordar que el análisis de varianza menciona que no existían diferencias entre las aplicaciones de zinc ni en la forma de aplicación del zinc.

Tabla 12*Grupos homogéneos en el número de tubérculos/planta en los tratamientos*

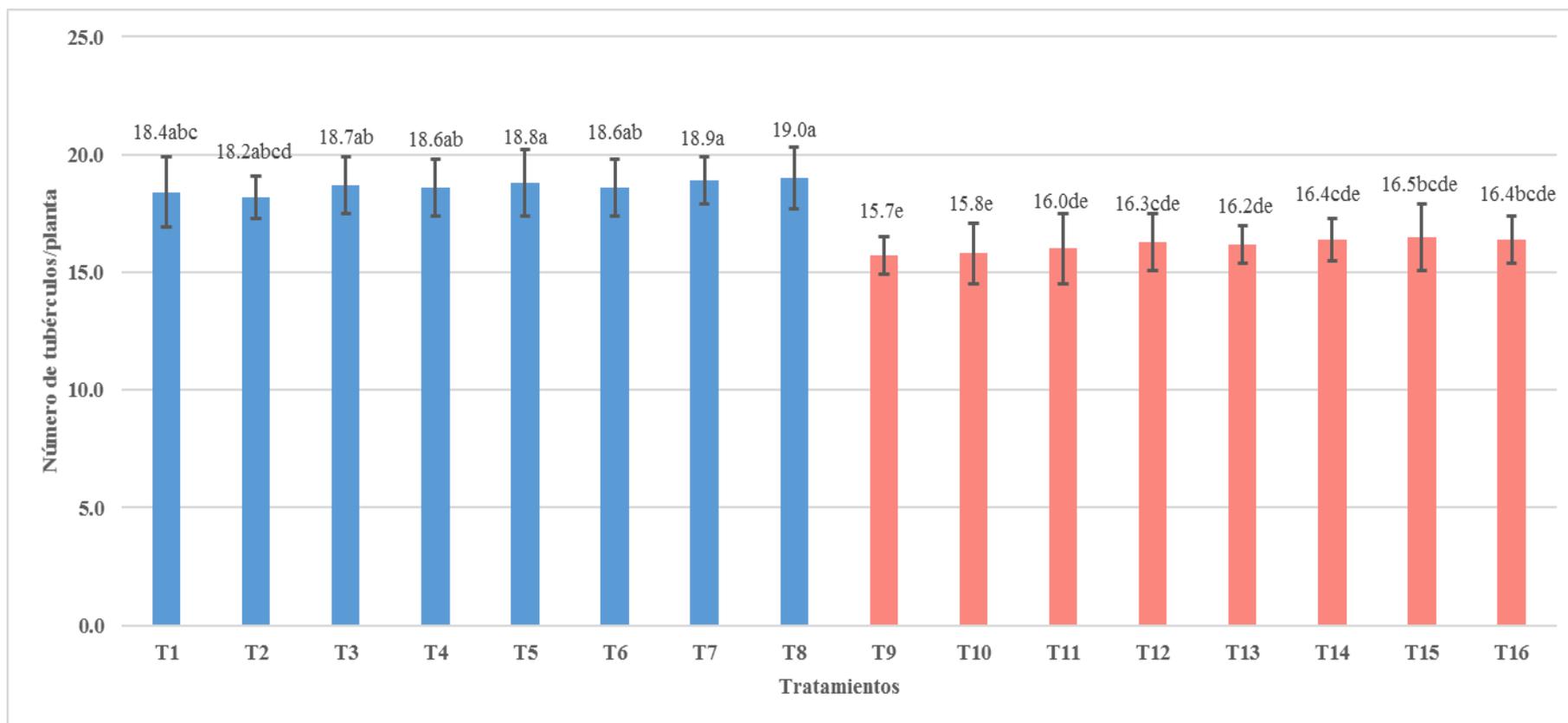
Tratamiento	Combinación	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
T8	a1b4c2	3	18.9667	0.678346	a
T7	a1b4c1	3	18,9	0.678346	a
T5	a1b3c1	3	18.8667	0.678346	a
T4	a1b2c2	3	18.6667	0.678346	ab
T3	a1b2c1	3	18.6333	0.678346	ab
T6	a1b3c2	3	18.6333	0.678346	ab
T1	a1b1c1	3	18.4	0.678346	abc
T2	a1b1c2	3	18.2	0.678346	abcd
T15	a2b4c1	3	16.5333	0.678346	bcde
T16	a2b4c2	3	16.4667	0.678346	bcde
T14	a2b3c2	3	16.4	0.678346	cde
T12	a2b2c2	3	16.2667	0.678346	cde
T13	a2b3c1	3	16.1667	0.678346	de
T11	a2b2c1	3	16.0	0.678346	de
T10	a2b1c2	3	15.7667	0.678346	e
T9	a2b1c1	3	15.7	0.678346	e

En papa Chaucha roja va desde 15.7 ± 0.8 tubérculos/planta en T9 (tratamiento control Chaucha roja-Sin aplicación sulfato de zinc-Manual) a 16.5 ± 1.4 tubérculos/planta en T16 (Chaucha roja-3 aplicaciones sulfato de zinc-Manual). Existiendo un incremento de 5.10% del número de papas entre el mejor tratamiento y el control, cuando a las plantas se les agrega tres aplicaciones de zinc y la aplicación se realiza con una bomba manual.

Podríamos mencionar que los incrementos en el número de tubérculos en INIAP-Fripapa y papa Chaucha roja durante la biofortificación ocurre como lo indican Rolla *et al.* (2007), que al aplicar en forma foliar zinc y boro en cultivos de papas realizado en Aligoudarz Agriculture Research Station en Lorestan, Irán, se consiguió incremento de 9.5% en el número de tubérculos en comparación con el control, cuando se aplicaba 8 kg de Zn/ha, en forma foliar a la planta. También se podría resaltar lo obtenido por Banerjee *et al.* (2015), quienes mencionan que el número total de tubérculos y el rendimiento aumentaron con una aplicación foliar de 4.5 kg Zn/ha, después de esa cantidad el rendimiento del cultivo disminuyó.

Figura 3

Número promedio de tubérculos/planta, en cada tratamiento



Nota: Letras diferentes señala diferencia significativa ($P < 0.05$). Barras de color azul INIAP-Fripapa y de color rojo papa Chaucha roja.

4.3. Peso de los tubérculos por planta

En la Tabla 13, se presenta el peso de tubérculos por plantas obtenidas en cada tratamiento. En INIAP-Fripapa, se consiguió un valor de 1.770 ± 0.160 kg de tubérculos/planta en el tratamiento control T1 (INIAP-Fripapa, sin aplicación de sulfato de zinc). Este valor se halla dentro del rango presentado por Punina (2013), que reporta entre 1.91 a 4.11 kg de tubérculos/planta, cuando fue cultivada en la parroquia Pilahuín del cantón Ambato; aunque Andrade *et al.* (1999), señalan que se logró obtener 2.3 kg de peso de tubérculos/planta en INIAP-Fripapa cuando fue cultivado por el INIAP.

Con respecto a papa Chaucha roja, el Tratamiento control T9 (Chaucha roja, sin aplicación Sulfato de zinc) presentó 0.463 ± 0.038 kg de tubérculos/planta. Este valor representa un valor más alto a lo obtenido por Romero (2019), que obtiene entre 0.330 ± 0.03 a 0.435 ± 0.02 kg tubérculos/planta, cuando fue cosechado en el cantón Cevallos. Aunque otros autores reportan valor más alto, como el mencionado por Chávez (2013), que indica 0.525 kg de tubérculos/planta, cosechados en el sector de Pilahuín perteneciente al cantón Ambato, y por Cuesta (2013), que menciona 0.52 kg de tubérculos/planta, cuando fue cultivado en Cotopaxi.

El rendimiento de papa aumentó en 2.6, 7.16, 7.51 y 0.31% con relación a la papa fertilizada solo con abono sin aplicación foliar de zinc, cuando aplicaron 1.5, 3.0, 4.5 y 6.0 kg de Zn/ha, respectivamente. También señalan que las propiedades bioquímicas acidez total y ácido ascórbico en los tubérculos no fueron influenciadas por el fertilizante de zinc.

El análisis de varianza en el número de tubérculos (Tabla 15) determinó que existen diferencias altamente significativas ($\alpha < 0.01$) en la variedad de papa, pero no existen diferencias significativas en el número de aplicaciones de sulfato de zinc, ni en la forma de aplicación del sulfato de zinc (manual o motor); tampoco se evidenciaron en las interacciones planteadas.

Tabla 13*Peso de tubérculos (kg/ planta) en cada tratamiento*

Tratamiento	Combinación	Denominación	R1	R2	R3	Promedio $\pm \alpha$
T1	a1b1c1	INIAP-Fripapa-Sin aplicación-Manual	1.666	1.689	1.954	1.770 \pm 0.160
T2	a1b1c2	INIAP-Fripapa-Sin aplicación-Motor	1.589	2.007	1.726	1.774 \pm 0.213
T3	a1b2c1	INIAP-Fripapa-1 aplicación-Manual	2.131	1.798	1.513	1.814 \pm 0.309
T4	a1b2c2	INIAP-Fripapa-1 aplicación-Motor	1.801	2.025	1.597	1.808 \pm 0.214
T5	a1b3c1	INIAP-Fripapa-2 aplicaciones-Manual	1.913	1.730	1.970	1.871 \pm 0.126
T6	a1b3c2	INIAP-Fripapa-2 aplicaciones-Motor	1.735	1.913	1.992	1.880 \pm 0.132
T7	a1b4c1	INIAP-Fripapa-3 aplicaciones-Manual	1.520	2.277	1.873	1.890 \pm 0.379
T8	a1b4c2	INIAP-Fripapa-3 aplicaciones-Motor	1.705	2.001	1.978	1.895 \pm 0.165
T9	a2b1c1	Chaucha roja-Sin aplicación-Manual	0.501	0.425	0.464	0.463 \pm 0.038
T10	a2b1c2	Chaucha roja-Sin aplicación-Motor	0.428	0.507	0.479	0.471 \pm 0.040
T11	a2b2c1	Chaucha roja-1 aplicación-Manual	0.483	0.471	0.469	0.474 \pm 0.008
T12	a2b2c2	Chaucha roja-1 aplicación-Motor	0.445	0.522	0.465	0.477 \pm 0.040
T13	a2b3c1	Chaucha roja-2 aplicaciones-Manual	0.494	0.487	0.458	0.480 \pm 0.019
T14	a2b3c2	Chaucha roja-2 aplicaciones-Motor	0.462	0.470	0.510	0.481 \pm 0.026
T15	a2b4c1	Chaucha roja-3 aplicaciones-Manual	0.460	0.501	0.491	0.484 \pm 0.021
T16	a2b4c2	Chaucha roja-3 aplicaciones-Motor	0.490	0.471	0.503	0.488 \pm 0.016

Nota: Las réplicas son el promedio de n=10.

Al existir diferencias significativas en la variedad de papa se realizó la Prueba de Rango Múltiple, en el peso de tubérculos por variedad de papa (Tabla 15) y se estableció que la variedad de papa con mayor peso en tubérculos en la cosecha fue para INIAP-Fripapa, seguido de papa Chaucha roja.

Tabla 14*Análisis de Varianza en el peso de los tubérculos (kg/planta)*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Variedad de papas	22.2047	1	22.2047	857.28	0.0000**
B: Número de aplicaciones de zinc	0.0366551	3	0.0122184	0.47	0.7043
C: Forma de aplicar el zinc	0.000143521	1	0.000143521	0.01	0.9412
D: Réplicas	0.0681855	2	0.0340928	1.32	0.2832
INTERACCIONES					
AB	0.0213004	3	0.00710013	0.27	0.8436
AC	0.00000352083	1	0.00000352083	0.00	0.9908
BC	0.000110229	3	0.0000367431	0.00	0.9999
ABC	0.000120229	3	0.0000400764	0.00	0.9999
RESIDUOS	0.777044	30	0.0259015		
TOTAL (Corregido)	23.1083	47			

Nota: ** diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).**Tabla 15***Prueba de Múltiple Rango de Tukey en el peso de tubérculos (kg/planta) por variedad de papa*

Variedad de papa	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
INIAP-Fripapa	24	1.83763	0.0328516	a
Chaucha roja	24	0.477333	0.0328516	b

En la Tabla 16 se presentan los grupos homogéneos en el peso de tubérculos/planta de los diversos tratamientos y en la Figura 4, se da una representación gráfica del peso de tubérculos/planta en cada tratamiento, en la que se incluye los grupos homogéneos. Observándose que los mejores tratamientos se hallan en el grupo conformado por T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 y T8, que corresponde a los tratamientos de contiene INIAP-Fripapa, no existiendo diferencia significativa entre estos tratamientos, es decir estadísticamente poseen el mismo número de tubérculos/planta. Seguido por el grupo homogéneo conformado por T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15 y T16, corresponde a

los tratamientos de papa Chaucha roja, poseyendo estadísticamente el mismo número de tubérculos/planta en estos tratamientos, aunque su peso presenta de 3 a 4 veces menor a los presentados por la variedad INIAP-Fripapa.

Tabla 16

Grupos homogéneos en el peso de los tubérculos (kg/planta) en los tratamientos

Tratamiento	Combinación	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T8	a1b4c2	3	1.89467	0.0929184	a
T7	a1b4c1	3	1.89	0.0929184	a
T6	a1b3c2	3	1.88	0.0929184	a
T5	a1b3c1	3	1.871	0.0929184	a
T3	a1b2c1	3	1.814	0.0929184	a
T4	a1b2c2	3	1.80767	0.0929184	a
T2	A1b1c2	3	1.774	0.0929184	a
T1	a1b1c1	3	1.76967	0.0929184	a
T16	a2b4c2	3	0.488	0.0929184	b
T15	a2b4c1	3	0.484	0.0929184	b
T14	a2b3c2	3	0.480667	0.0929184	b
T13	a2b3c1	3	0.479667	0.0929184	b
T12	a2b2c2	3	0.477333	0.0929184	b
T11	a2b2c1	3	0.474333	0.0929184	b
T10	a2b1c2	3	0.471333	0.0929184	b
T9	a2b1c1	3	0.463333	0.0929184	b

En el presente estudio el proceso de biofortificación con sulfato de zinc no produjo aumento ni disminución del peso de los tubérculos con relación al control (sin biofortificación) en los tratamientos que corresponden a INIAP-Fripapa, ni en los tratamientos de papa chaucha roja con respecto a su control. En cambio, Rolla *et al.* (2007) en su investigación consiguió un incremento de 7.2% de peso del tubérculo en comparación con el control, cuando se aplicó 8 kg de Zn/ha, en forma foliar.

En otros estudios, como Kanwar (2019), que hizo un estudio sobre la biofortificación de papa de la variedad Kufri Surya en el Centro de Investigación de Vegetales, Universidad de Agricultura y Tecnología G. B. Pant, Pantnagar, Uttarakhand, India,

obtuvo en el mejor tratamiento que contenía 6.0 kg de zinc/ha al momento de la siembra, un aumento un 21.34% del contenido de materia seca en los tubérculos, además no observaron diferencia significativa en la gravedad específica de los tubérculos (g/cm^3). Además, Murmu *et al.* (2014) informaron que no existió diferencia significativa en el contenido de azúcar en la variedad de papa Kufri Jyoti, cuando aplicaron varios niveles de sulfato de zinc hasta 10 kg/ha.

4.4. Rendimiento de los cultivos

En la Tabla 17, se presenta el rendimiento de tubérculos (t/ha) en cada tratamiento. En INIAP-Fripapa, el tratamiento control T1 (INIAP-Fripapa-Sin aplicación de sulfato de zinc-Manual) presentó un rendimiento de tubérculos de 35.39 ± 3.20 t/ha, este valor se encuentra entre el rango indicado por Punina (2013), que reporta un rendimiento de tubérculos entre 26.25 t/ha a 55.30 t/ha. Aunque, Rivadeneira *et al.* (2016), menciona que consiguió 45.03 ± 9.11 t/ha, cuando fue cultivada esta variedad en el sector de Chiquicha perteneciente a la provincia de Tungurahua.

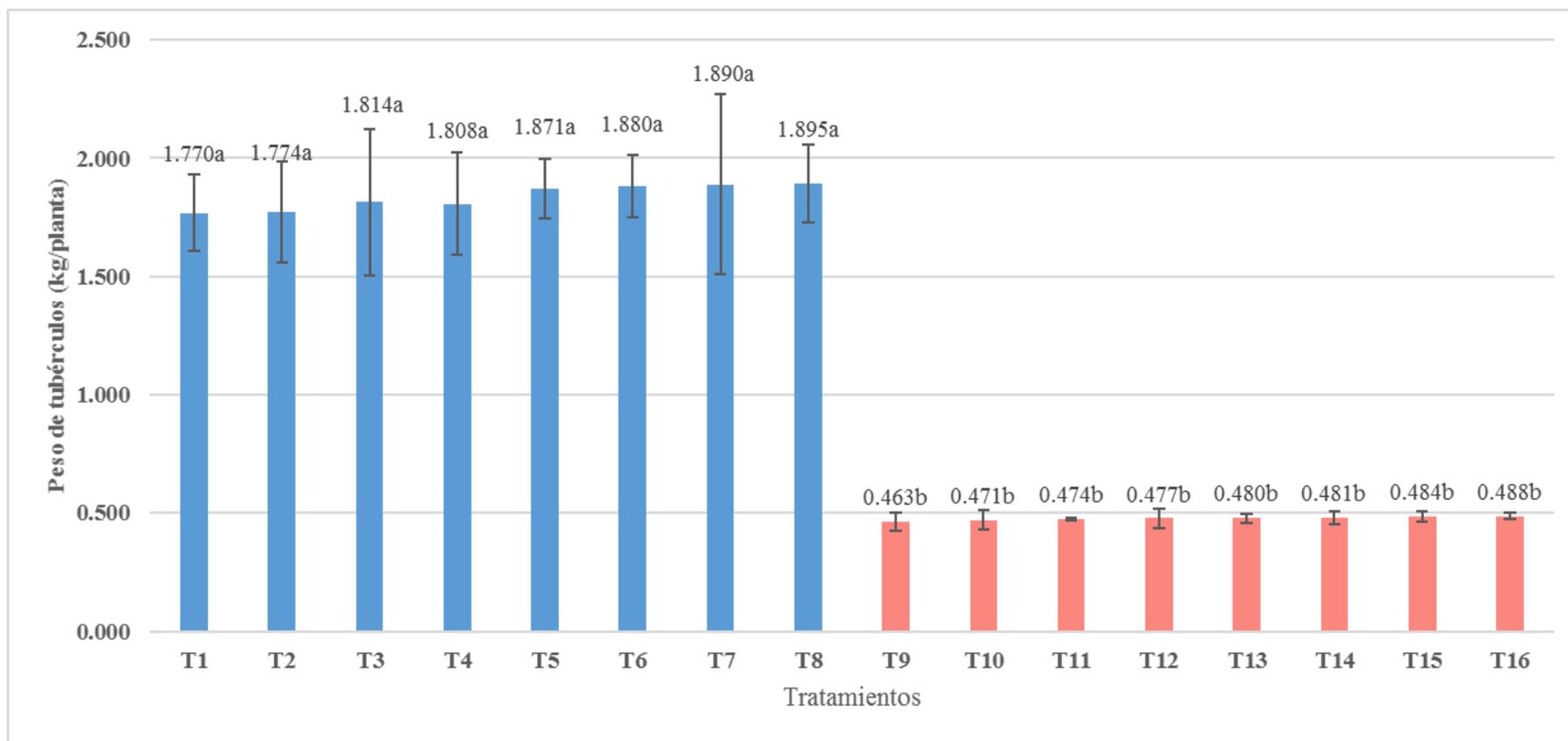
Con respecto a papa Chaucha roja, el Tratamiento control T9 (Chaucha roja-Sin aplicación sulfato de zinc-Manual) posee un rendimiento de tubérculos de 9.27 ± 0.76 de tubérculos/ha. Este valor es mayor al presentado por Yumisaca *et al.* (2009), que alcanzó las 6 t/ha, en cambio, es similar a lo mencionado por Romero (2019) que indica de 7.34 ± 0.75 a 9.68 ± 0.47 t/ha. En cambio, Rojas y Seminario (2014), obtuvieron un valor más alto de rendimiento de tubérculos de 10.9 ± 6.5 t/ha de papa cultivada en la Universidad de Cajamarca, Perú. Los rendimientos bajos en el cultivo de papa Chaucha roja en comparación con INIAP-Fripapa, son compensados por la calidad de papa en sus preparados y con el precio más alto con relación a las papas mejoradas.

El análisis de varianza para el rendimiento de tubérculos (Tabla 18) determinó diferencias altamente significativas ($\alpha < 0.01$) en la variedad de papa, pero no existe diferencias significativas en el número de aplicaciones de sulfato de zinc, ni en la forma de aplicación del sulfato de zinc (manual o motor), ni existió interacciones.

Al efectuar las Prueba de Rango Múltiple para rendimiento de tubérculos por variedad de papa, se estableció que la variedad de papa con mayor rendimiento en el cultivo fue para INIAP-Fripapa, seguido de papa Chaucha roja.

Figura 4

Peso promedio de tubérculos (kg/planta) en cada tratamiento



Nota: Letras diferentes señala diferencia significativa ($P < 0.05$). Barras de color azul INIAP-Fripapa y de color rojo papa Chaucha roja.

Tabla 17*Rendimiento de tubérculos (t/ha) en los tratamientos*

Tratamiento	Combinación	Denominación	R1	R2	R3	Promedio $\pm \alpha$
1	a1b1c1	INIAP-Fripapa-Sin aplicación de sulfato de zinc-Manual	33.32	33.78	39.08	35.39 \pm 3.20
T2	a1b1c2	INIAP-Fripapa-Sin aplicación sulfato de zinc-Motor	31.78	40.14	34.52	35.48 \pm 4.26
T3	a1b2c1	INIAP-Fripapa-1 aplicación sulfato de zinc-Manual	42.62	35.96	30.26	36.28 \pm 6.19
T4	a1b2c2	INIAP-Fripapa-1 aplicación sulfato de zinc-Motor	36.02	40.50	31.94	36.15 \pm 4.28
T5	a1b3c1	INIAP-Fripapa-2 aplicaciones sulfato de zinc-Manual	38.27	34.59	39.41	37.42 \pm 2.52
T6	a1b3c2	INIAP-Fripapa-2 aplicaciones sulfato de zinc-Motor	34.70	38.26	39.84	37.60 \pm 2.63
T7	a1b4c1	INIAP-Fripapa-3 aplicaciones sulfato de zinc-Manual	30.40	45.54	37.46	37.80 \pm 7.58
T8	a1b4c2	INIAP-Fripapa-3 aplicaciones sulfato de zinc-Motor	34.10	40.02	39.56	37.89 \pm 3.29
T9	a2b1c1	Chaucha roja-Sin aplicación sulfato de zinc-Manual	10.02	8.50	9.28	9.27 \pm 0.76
T10	a2b1c2	Chaucha roja-Sin aplicación sulfato de zinc-Motor	8.56	10.14	9.58	9.43 \pm 0.80
T11	a2b2c1	Chaucha roja-1 aplicación sulfato de zinc-Manual	9.66	9.42	9.38	9.49 \pm 0.15
T12	a2b2c2	Chaucha roja-1 aplicación sulfato de zinc-Motor	8.90	10.44	9.30	9.55 \pm 0.80
T13	a2b3c1	Chaucha roja-2 aplicaciones sulfato de zinc-Manual	9.88	9.74	9.16	9.59 \pm 0.38
T14	a2b3c2	Chaucha roja-2 aplicaciones sulfato de zinc-Motor	9.24	9.40	10.20	9.62 \pm 0.51
T15	a2b4c1	Chaucha roja-3 aplicaciones sulfato de zinc-Manual	9.21	10.02	9.82	9.68 \pm 0.42
T16	a2b4c2	Chaucha roja-3 aplicaciones sulfato de zinc-Motor	9.80	9.42	10.06	9.76 \pm 0.32

Nota: Las réplicas son el promedio de n=10.

Tabla 18*Análisis de Varianza en el rendimiento de tubérculos (t/ha)*

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Variedad de papas	8881.89	1	8881.89	856.84	0,0000**
B: Número de aplicaciones de zinc	14.6828	3	4.89428	0.47	0.7040
C: Forma de aplicar el zinc	0.0560333	1	0.0560333	0.01	0.9419
D: Réplicas	27.2181	2	13.6091	1.31	0.2841
INTERACCIONES					
AB	8.51797	3	2.83932	0.27	0.8437
AC	0.00140833	1	0.00140833	0.00	0.9908
BC	0.0436167	3	0.0145389	0.00	0.9999
ABC	0.047375	3	0.0157917	0.00	0.9999
RESIDUOS	310.977	30	10.3659		
TOTAL (Corregido)	9243.43	47			

Nota: ** diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

Tabla 19

Prueba de Múltiple Rango de Tukey en rendimiento de tubérculos (t/ha) por variedad de papa

Variedad de papa	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
INIAP-Fripapa	24	36.7529	0.657201	a
Chaucha roja	24	9.54708	0.657201	b

En la Tabla 20 se presentan los grupos homogéneos en el rendimiento de tubérculos de los diversos tratamientos y en la Figura 5, se da una representación gráfica del rendimiento de los tubérculos en cada tratamiento, en la que se incluye los grupos homogéneos. Observándose que los mejores tratamientos se encuentran en el grupo conformado por T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 y T8, que corresponde a los tratamientos de contiene la variedad INIAP-Fripapa, no existiendo diferencia significativa entre estos tratamientos, por lo que se considera que poseen igual rendimiento entre estos;

seguido por el grupo homogéneo conformado por T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15 y T16, que corresponde a los tratamientos de papa Chaucha roja, poseyendo estadísticamente el mismo número en rendimiento de tubérculos en estos tratamientos, aunque su rendimiento es muy bajo comparado con los presentados por la variedad INIAP-Fripapa.

Tabla 20

Grupos homogéneos en el rendimiento de los tubérculos (kg/planta) en los tratamientos

Tratamiento	Combinación	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T8	a1b4c2	3	37.8933	1.85884	a
T7	a1b4c1	3	37.8	1.85884	a
T6	a1b3c2	3	37.6	1.85884	a
T5	a1b3c1	3	37.4233	1.85884	a
T3	a1b2c1	3	36.28	1.85884	a
T4	a1b2c2	3	36.1533	1.85884	a
T2	A1b1c2	3	35.48	1.85884	a
T1	a1b1c1	3	35.3933	1.85884	a
T16	a2b4c2	3	9.76	1.85884	b
T15	a2b4c1	3	9.68333	1.85884	b
T14	a2b3c2	3	9.61333	1.85884	b
T13	a2b3c1	3	9.59333	1.85884	b
T12	a2b2c2	3	9.54667	1.85884	b
T11	a2b2c1	3	9.48667	1.85884	b
T10	a2b1c2	3	9.42667	1.85884	b
T9	a2b1c1	3	9.26667	1.85884	b

En la investigación la biofortificación con sulfato de zinc en los cultivos no produjo aumento ni disminución en el rendimiento con relación al control (sin biofortificación), tanto en los tratamientos de INIAP-Fripapa, ni en los tratamientos de papa Chaucha roja. El mismo efecto obtuvieron Gavilanes *et al.* (2015), que mencionan que el análisis estadístico de sus resultados sobre la biofortificación de papa mostró que la

aplicación de zinc en forma foliar y edáfica en papa Chaucha roja no afectó el rendimiento de tubérculos.

Otros investigadores como Rolla *et al.* (2007) indicaron un incremento del 25% de rendimiento del cultivo de papa en Irán, cuando se aplicó en forma foliar 8 kg de Zn/ha. Adicionalmente, obtuvieron un 7.1% de aumento en el contenido de almidón en el tubérculo. Banerjee *et al.* (2017), señalan que la biofortificación con zinc en la producción de papa influyó no sólo en el rendimiento de biomasa del cultivo, sino también en la calidad de los tubérculos, la calidad del producto procesado y la economía general de su cultivo. Además, Lenka and Kumar (2019), al trabajar en las llanuras bajas del Ganges en Bengala Occidental, India, y estudiar el efecto del boro y el zinc en el crecimiento y rendimiento de la papa. Informaron que la aplicación foliar de solo boro, solo zinc y boro + zinc incrementó el rendimiento total de tubérculos en 18.71%, 7.70% y 29.55%, respectivamente, sobre el tratamiento control.

4.5. Contenido de Zn en los tubérculos

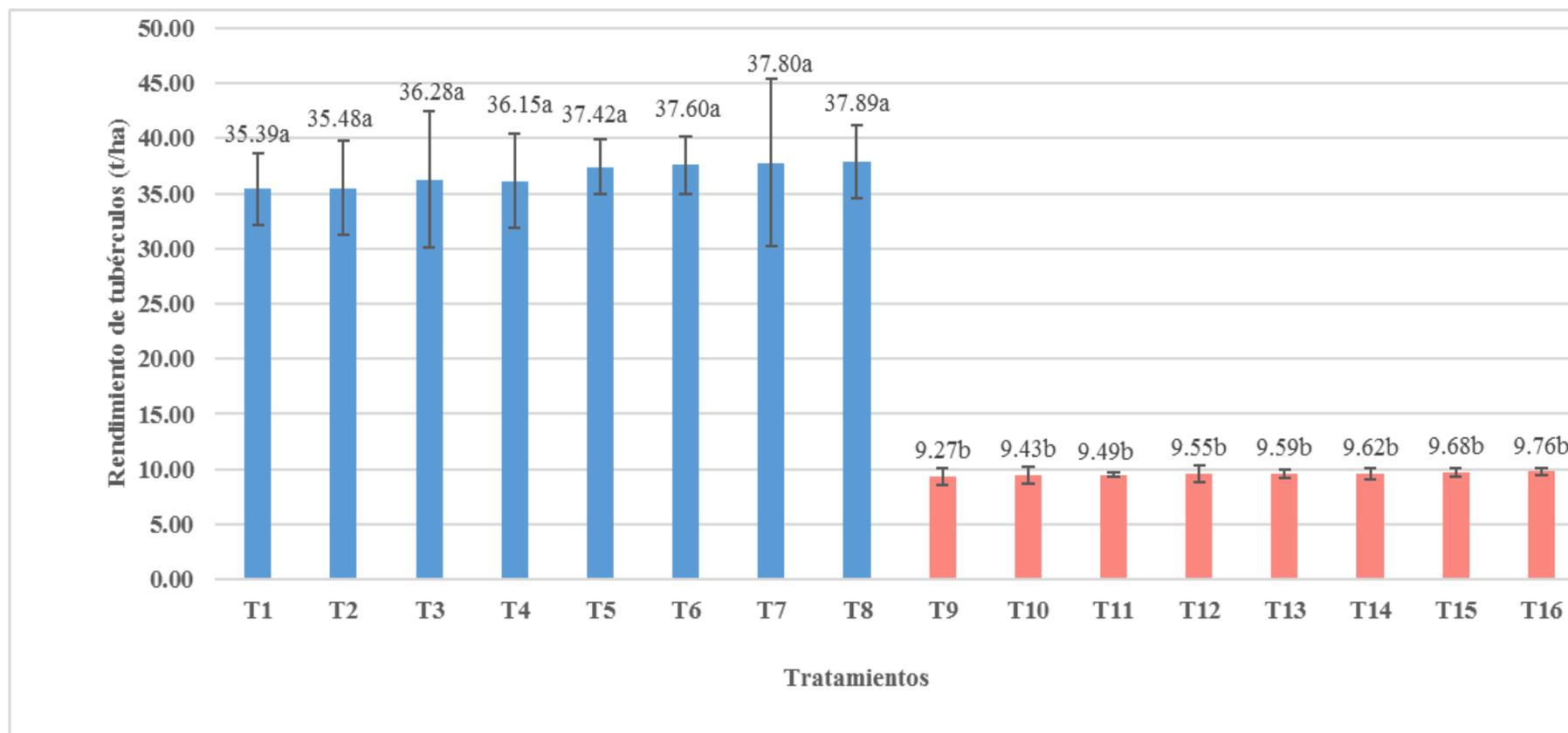
En la Tabla 21, se presenta el contenido de zinc en los tubérculos en cada tratamiento. Con respecto a la variedad de papa INIAP-Fripapa, el tratamiento control T1 (INIAP-Fripapa-Sin aplicación de sulfato de zinc-Manual) se obtuvo 19.0 ± 1.7 mg Zn/kg papa bs. Esta cantidad es mayor a lo reportado por Rivadeneira *et al.* (2016), que señalan que los tubérculos poseen 12.43 ± 2.41 mg Zn/kg bs, cuando la papa fue cultivada en el sector de Chiquicha provincia de Tungurahua.

En lo relacionado con papa Chaucha roja, el tratamiento control T9 (Chaucha roja- Sin aplicación sulfato de zinc-Manual) posee 17.3 ± 2.1 mg Zn/kg papa bs. Este valor es menor a lo reportado por International Potatoe Center CIP (2017), que menciona que en papa Chaucha roja posee 25 mg Zn/kg papa bs.

Al realizar el Análisis de Varianza en el contenido de Zn en los tubérculos en cada tratamiento (Tabla 22), se determinó que existe diferencia altamente significativa ($\alpha < 0.01$) en la variedad de papa y en el número de aplicaciones de Sulfato de zinc. Existiendo interacción en AB (Variedad de papa - Número de aplicaciones del sulfato de zinc), variables que influyen en el contenido de zinc en los tubérculos, como se observa en la Figura 6.

Figura 5

Rendimiento promedio de tubérculos (t/ha) en cada tratamiento



Nota: Letras diferentes señala diferencia significativa ($P < 0.05$). Barras de color azul INIAP-Fripapa y de color rojo papa Chaucha roja.

Tabla 21*Contenido de Zn en los tubérculos (mg/kg de peso seco) en cada tratamiento*

Tratamiento	Combinación	Descripción	R1	R2	R3	Promedio $\pm \alpha$
T1	a1b1c1	INIAP-Fripapa-Sin aplicación-Manual	17.0	20.0	20.0	19.0 \pm 1.7
T2	a1b1c2	INIAP-Fripapa-Sin aplicación-Motor	20	19	20	19.7 \pm 0.6
T3	a1b2c1	INIAP-Fripapa-1 aplicación-Manual	20.0	21.0	21.0	20.7 \pm 0.6
T4	a1b2c2	INIAP-Fripapa-1 aplicación-Motor	21.0	21.0	21.0	21.0 \pm 0.0
T5	a1b3c1	INIAP-Fripapa-2 aplicaciones-Manual	22.0	22.0	22.0	22.0 \pm 0.0
T6	a1b3c2	INIAP-Fripapa-2 aplicaciones-Motor	23.0	22.0	22.0	22.3 \pm 0.6
T7	a1b4c1	INIAP-Fripapa-3 aplicaciones-Manual	23.0	26.0	24.0	24.3 \pm 1.5
T8	a1b4c2	INIAP-Fripapa-3 aplicaciones-Motor	23.0	25.0	26.0	24.7 \pm 1.5
T9	a2b1c1	Chaucha roja-Sin aplicación-Manual	18.0	15.0	19.0	17.3 \pm 2.1
T10	a2b1c2	Chaucha roja-Sin aplicación-Motor	17.0	15.0	18.0	16.7 \pm 1.5
T11	a2b2c1	Chaucha roja-1 aplicación-Manual	21.0	23.0	20.0	21.3 \pm 1.5
T12	a2b2c2	Chaucha roja-1 aplicación-Motor	21.0	21.0	25.0	22.3 \pm 2.3
T13	a2b3c1	Chaucha roja-2 aplicaciones-Manual	31.0	27.0	23.0	27.0 \pm 4.0
T14	a2b3c2	Chaucha roja-2 aplicaciones-Motor	26.0	30.0	31.0	29.0 \pm 2.6
T15	a2b4c1	Chaucha roja-3 aplicaciones-Manual	32.0	37.0	31.0	33.3 \pm 3.2
T16	a2b4c2	Chaucha roja-3 aplicaciones-Motor	38.0	38.0	34.0	36.7 \pm 2.3

Al existir diferencia significativa en el Análisis de Varianza, se efectuó la Prueba de Rango Múltiple en la variedad de papa empleando Tukey (Tabla 23), estableciéndose que la variedad de papa con mayor contenido de zinc en tubérculos cosechados fue para Chaucha roja seguido por INIAP-Fripapa.

Tabla 22

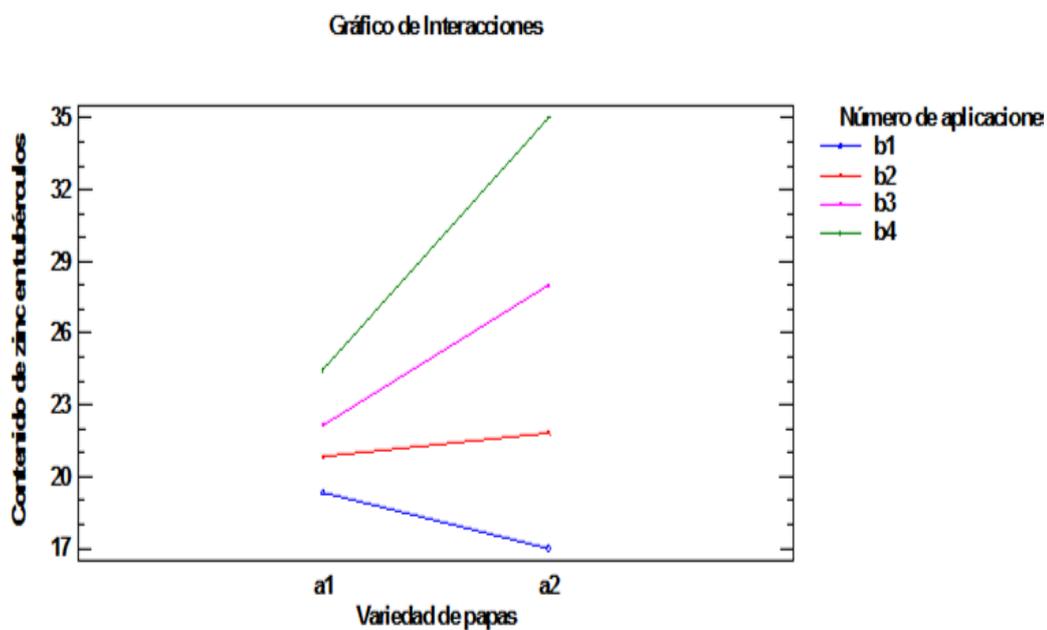
Análisis de Varianza para el contenido de zinc en tubérculos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Variedad de papas	168.75	1	168.75	41.91	0.0000**
B: Número de aplicaciones de zinc	896.167	3	298.722	74.19	0.0000**
C: Forma de aplicación de zinc	10.0833	1	10.0833	2.50	0.1240
D: Réplicas	2.54167	2	1.27083	0.32	0.7317
INTERACCIONES					
AB	283.417	3	94.4722	23.46	0.0000**
AC	3.0	1	3.0	0.75	0.3949
BC	5.41667	3	1.80556	0.45	0.7202
ABC	7.5	3	2.5	0.62	0.6070
RESIDUOS	120.792	30	4.02639		
TOTAL (Corregido)	1497.67	47			

Nota: ** diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

Figura 6

Interacciones entre (A) variedad de papas y (B) número de aplicaciones de sulfato de zinc



En la Prueba del Rango Múltiple de Tukey para el contenido de zinc por el número de aplicaciones de sulfato de zinc (Tabla 24), se determinó como el mejor a b4 (3 aplicación de sulfato de zinc), seguido de b3 (2 aplicación de sulfato de zinc), luego el b2 (1 aplicación de sulfato de zinc) y finalmente b1 (Ninguna aplicación de sulfato de zinc).

Tabla 23

Prueba de Múltiple Rango de Tukey en el contenido de zinc en tubérculos por variedad de papa

Variedad de papa	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Chaucha roja	24	25.4583	0.409593	a
INIAP-Fripapa	24	21.7083	0.409593	b

Tabla 24

Pruebas de Múltiple Rangos de Tukey para el contenido de zinc en tubérculos por el número de aplicaciones

Número de aplicaciones de zinc	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
b4: 3 aplicación de sulfato de zinc (45, 60 y 75 días después de la siembra).	12	29,75	0,579252	a
b3: 2 aplicación de sulfato de zinc (45 y 60 días después de la siembra)	12	25,0833	0,579252	b
b2: 1 aplicación de sulfato de zinc (45 días de la siembra).	12	21,3333	0,579252	c
b1: Ninguna aplicación de sulfato de zinc.	12	18,1667	0,579252	d

En la Tabla 25, se presentan los grupos homogéneos para el contenido de zinc en tubérculos de los diversos tratamientos y en la Figura 7, se da una representación gráfica del contenido de zinc en tubérculos en cada tratamiento, en la que se incluyen los grupos homogéneos. Observándose que los mejores tratamientos se encuentran en el grupo (T16 y T15), que corresponden a tratamientos con papa Chaucha roja, seguido

por los grupos siguientes: T14, T13, T8, T7, (T6, T12, T5 y T11), T4, T3, (T2 y T1), T9 finalmente T10.

Tabla 25

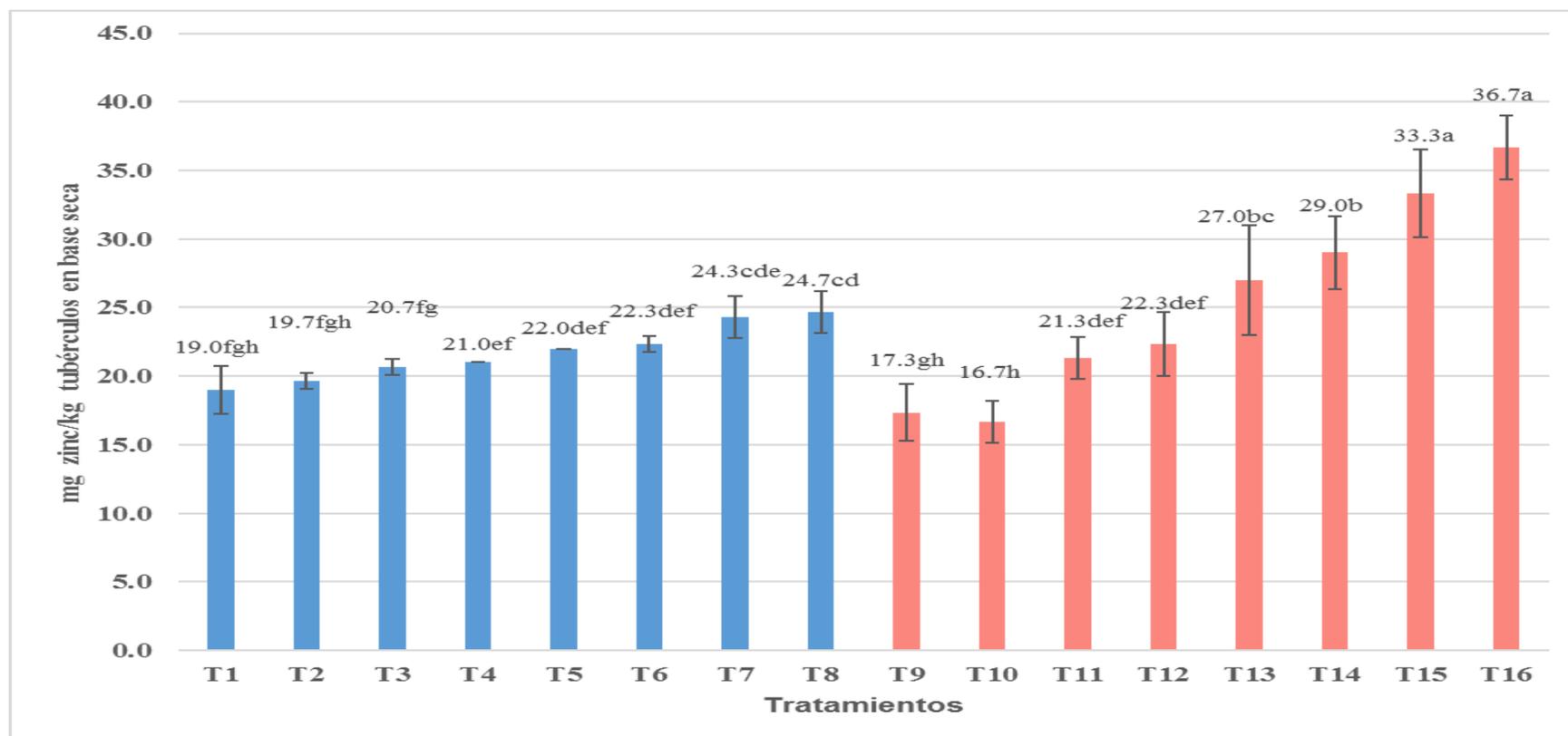
Grupos homogéneos en el contenido de zinc de los tubérculos (kg/planta) en los tratamientos

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T16	3	36.6667	1,1585	a
T15	3	33.3333	1.1585	a
T14	3	29.0	1.1585	b
T13	3	27.0	1.1585	bc
T8	3	24.6667	1.1585	cd
T7	3	24.3333	1.1585	cde
T6	3	22.3333	1.1585	def
T12	3	22.3333	1.1585	def
T5	3	22.0	1.1585	def
T11	3	21.3333	1.1585	def
T4	3	21,0	1.1585	ef
T3	3	20.6667	1.1585	fg
T2	3	19.6667	1.1585	fgh
T1	3	19.0	1.1585	fgh
T9	3	17.3333	1.1585	gh
T10	3	16.6667	1.1585	h

En la variedad de papa INIAP-Fripapa, el contenido de zinc en tubérculos cosechados va desde 19.0 ± 1.7 mg Zn/kg papa bs., en el tratamiento control hasta 24.7 ± 1.5 mg Zn/kg papa bs., en T8 (INIAP-Fripapa-3 aplicaciones-Motor), con un incremento de 5.7 mg Zn/kg papa bs., que corresponde al 30% del contenido de zinc. En Chaucha roja, el contenido de zinc va de 17.3 ± 2.1 mg Zn/kg papa bs., en el tratamiento control hasta 36.7 ± 2.3 mg Zn/kg papa bs, en el T16 (Chaucha roja-3 aplicaciones de sulfato de zinc-Motor), existiendo un aumento de 19.4 mg Zn/kg papa bs. que corresponde al 112.14% (Figura 7).

Figura 7

Contenido de zinc en tubérculos (mg/kg tubérculos bs) en cada tratamiento



Nota: Letras diferentes señala diferencia significativa (P<0.05). Barras de color azul INIAP-Fripapa y de color rojo papa Chaucha roja

En trabajos de biofortificación como el realizado por Pisuña (2015) en la variedad de papa mejorada INIAP-Natividad cultivada en la localidad de Pusniag, Riobamba, provincia de Chimborazo, se detectó que cuando la aplicación foliar fue de 40 kg de Trazex zinc/ha, que contenía 6% de zinc, obtuvo el valor de 15.2 mg Zn/kg papa bs., y en el tratamiento control (sin aplicación de zinc) fue de 9.1 mg Zn/ kg papa bs. Un aumento del 67.03% de zinc en la biofortificación.

Gavilanes *et al.* (2015), mencionan haber incrementado desde 8.62 a 18.91 mg Zn/kg de papa bs. en Chaucha roja, un aumento de 119% del contenido de zinc frente al testigo, cuando la aplicación fue edáfica con 20 kg de zinc/ha.

Debemos mencionar que la biofortificación con zinc en cultivos de papa, resulta más adecuada que en cereales, Sarkar *et al.* (2018), señalan que la papa es uno de los mayores acumuladores de zinc en comparación con el arroz; el arroz puede acumular desde 18.6 a 28.1 mg Zn/kg bs., pero la mayor parte del zinc se elimina durante el procesamiento (molienda, pulido y cocción). A diferencia del arroz, la acumulación de zinc en papa se produce en el tubérculo, que no necesita los procesos de molienda o pulido como el arroz.

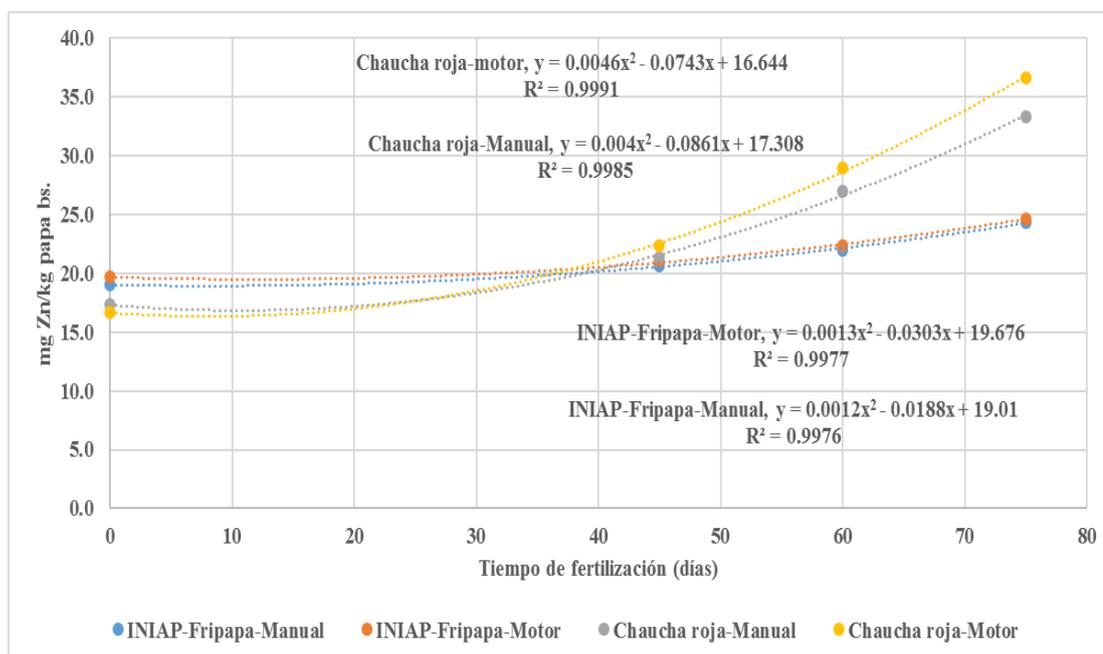
White *et al.* (2012), menciona que la ingesta inadecuada de zinc en las personas puede provocar una deficiencia de zinc, que se asocia con una variedad de problemas de salud. La biofortificación con zinc en los cultivos de papa, aumenta este nutriente en los tubérculos, haciéndolos más nutritivos para el consumo humano. Por lo que la fertilización con zinc es considerada una forma atractiva de abordar la deficiencia de zinc en las personas.

4.6. Verificación de hipótesis

Al final de analizar los resultados de la investigación, se determinó que se acepta la hipótesis H_0 , que indica que existe un incremento del contenido de zinc en los tubérculos de papas, variedades INIAP-Fripapa y Chaucha roja, cuando se emplea la fertilización foliar con sulfato de zinc en cultivos en la provincia de Tungurahua, Ecuador, como se observa en la Figura 8, en esta figura se tiene que los incrementos de zinc con el tiempo de fertilización durante el cultivo forman curvas polinomiales ascendentes.

Figura 8

Contenido de zinc en tubérculos (mg Zn/kg papa bs.) en dos variedades de papa fertilizadas en forma manual y a motor durante 0, 45, 60 y 75 días de cultivo



Se determinaron, como los mejores tratamientos para cada una de las dos variedades de papa, de la siguiente manera: para INIAP-Fripapa existe un incremento de 5.7 mg Zn/kg papa bs. (un 30%) en el mejor tratamiento T8 (INIAP-Fripapa-3 aplicaciones-Motor) con respecto a su tratamiento control (sin aplicación). En cambio, en papa Chaucha roja se tiene un aumento de 19.4 mg Zn/kg papa bs. (112.14%) en el mejor tratamiento (Chaucha roja-3 aplicaciones de sulfato de zinc-Motor) con respecto a su tratamiento control (sin aplicación). Estos incrementos ocurren cuando se dan tres aplicaciones foliares con sulfato de zinc durante el cultivo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

5.1. Conclusiones

- En la presente investigación se demostró que a medida que se aumenta el número de aplicaciones de sulfato de zinc en las variedades de papa INIAP-Fripapa y Chaucha roja va mejorando el contenido de zinc en los tubérculos. Se consiguió un mayor incremento de zinc en papa Chaucha roja que en INIAP-Fripapa, cuando se realizaron tres aplicaciones foliares de 1.8 kg de sulfato de zinc/ha, en cada aplicación; es decir un total de 5.4 kg de sulfato de zinc/ha durante el cultivo.
- Se determinó que el incremento de zinc en las dos variedades de papa: INIAP-Fripapa y Chaucha roja, durante los días de fertilización (0, 45, 60 y 75 días de cultivo), forman curvas crecientes que se ajustan a una ecuación polinomial.
- Al comparar los dos tipos de aplicación foliar de sulfato de zinc en forma manual y a motor durante el cultivo de las dos variedades de papa, no influyó en el incremento de zinc en los tubérculos.
- Todas las fertilizaciones que se realizaron con sulfato de zinc durante el cultivo de las dos variedades de papa, dieron como resultado un aumento de zinc en los tubérculos, sin afectar negativamente el peso de tubérculos/planta, ni el rendimiento de los tubérculos/ha.
- Según los resultados, la variedad Chaucha roja se considera como la más adecuada para un programa de biofortificación de zinc en papa.

5.2. Recomendaciones

- Se recomiendan futuras investigaciones, considerando cantidades más elevadas de aplicación foliar de sulfato de zinc para las dos variedades empleadas en el presente estudio, sobre todo para INIAP-Fripapa.
- Se recomienda probar la biofortificación en otras variedades de papa, para observar en cual variedad puede incrementarse más el zinc en los tubérculos.

5.3. Bibliografía

- Allen, S. & Brauw, A. (2018). Nutrition sensitive value chains: Theory, progress, and open questions. *Global Food Security*, 22-28. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.07.002>
- Amezcuca, J. y Lara, M. (2017). El zinc en las plantas. *Ciencia*, 68(3):18-35. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_3/PDF/zinc_plantas.pdf
- Andrade, H., Sola, M., Morales, R., y Lara, N. (1999). *Información técnica de la variedad de papa INIAP-Fripapa 99*. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Raíces y Tubérculos-Rubro Papa. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/38/1/iniapsc111.pdf>
- Aryee, A. (2022). Improving Nutrition through Biofortification - A Systematic Review. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2031143/v1>
- Baghla, D., Kumar, P. & Shukla, A.K. (2019). Influence of Foliar Application of Different Zinc Sources on yield Contributing Characters and Quality of Potato (*Solanum tuberosum* cv. Kufri Jyoti). *Biological Forum – An. International Journal*, 11(2), 124-129. [https://www.researchtrend.net/bfij/pdf/Influence%20of%20Foliar%20Application%20of%20Different%20zinc%20Sources%20on%20yield%20Contributing%20Characters%20and%20Quality%20of%20Potato%20\(Solanum%20tuberosum%20cv.%20Kufri%20Jyoti\)%20PARDEEP%20KUMAR.pdf](https://www.researchtrend.net/bfij/pdf/Influence%20of%20Foliar%20Application%20of%20Different%20zinc%20Sources%20on%20yield%20Contributing%20Characters%20and%20Quality%20of%20Potato%20(Solanum%20tuberosum%20cv.%20Kufri%20Jyoti)%20PARDEEP%20KUMAR.pdf)
- Banerjee, H., Sarkar, S. Deb, P., Chakraborty, I., Sau, S. & Ray, K. (2017). Zinc Fertilization in Potato: A Physiological and Bio-chemical Study. *International Journal of Plant & Soil Science*, 16(2), 1-13. <https://core.ac.uk/download/pdf/144775855.pdf>
- Banerjee, H., Sarkar, S., Ray, K., Rana, L., Deb, P., Chakraborty, A., Chakraborty, I., Bhattacharya, A. & Dollui, S. (2015). Response of potato (*Solanum tuberosum* L.) to zinc fertilization in trans-Gangetic plains of West Bengal. In *Extended Summery of National Symposium on Sustainable Agriculture for Food Security and Better Environment*, Nadia, West Bengal. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29813.37607>

- Blancquaert, D., Steur, H., Gellynck, X. & Van Der, D. (2017). Metabolic engineering of micronutrients in crop plants. *Ann N Y Acad Sci*, 1390(1),59-73. <https://doi.org/10.1111/nyas.13274>.
- Chávez, D. (2013). *Evaluación agronómica y nutricional de ocho variedades nativas y tres mejoradas de papa (Solanum tuberosum L.) Pichincha, Tungurahua*. Tesis pregrado, Universidad Central del Ecuador. Archivo digital. <http://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/150/1/iniapsctCh512e.pdf>
- Cuesta, X., Monteros, C., Racines, M. y Rivadeneira, J. (2022). *Catálogo de variedades de papa*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5850/1/CATALOGO%20PAPA%202022.pdf>
- Cóndor, B. (2018). *Identificación de papas producidas y cultivadas en la provincia de Tungurahua: sus características y sugerencia de usos en la cocina diaria*. Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito. Archivo digital. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7756/1/140374.pdf>.
- Chung, F. (2022). *Aplicación edáfica de zinc para la biofortificación de cuatro variedades de papa (Solanum tuberosum L.) en el valle del Mantaro*. Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria la Molina. Archivo digital. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5302/chung-montoya-fernando-braulio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Davies, K.E. (2018). *Biofortification of potato (Solanum tuberosum) using metal oxide Nanoparticles*. Tesis de doctorado, Universidad de Nottingham. Archivo digital. <https://irep.ntu.ac.uk/id/eprint/35494/1/Karen%20Davies%202018.pdf>
- Duwadi, A., Shrestha, K. & Pudasainy, D. (2022). Effect of foliar application of different nutrients on growth, yield, and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) in Sankhu, Kathmandu, Nepal. *Journal of Agriculture and Forestry University*, 5,61-69. http://nkcs.org.np/afufof/library/opac_css/index.php?lvl=author_see&id=2297
- Frano, M., Moura, F. Boy, E., Lönnerdal, B. & Burri, B. (2018). Bioavailability of iron, zinc, and provitamin A carotenoid in biofortified staple crops. *Nutrition Reviews*, 72(5), 289–307. <https://doi.org/10.1111/nure.12108>

- Gavilanes, L., Caballero, D., Cabezas, A., Kromann, P. y Potosí, B. (2015). Efecto de la fertilización foliar y edáfica con Hierro y Zinc para la biofortificación agronómica del tubérculo de papa (*Solanum tuberosum* L.). *VI Congreso Ecuatoriano de la papa*. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/72626/79092.pdf?sequence=2>
- Gupta S., Brazier A. & Lowe N. (2020). Zinc deficiency in low- and middle-income countries: prevalence and approaches for mitigation. *J Hum Nutr Diet*. <https://doi.org/10.1111/jhn.12791>
- Haynes, K., Yench, G., Clough, M., Henninger, M. & Sterrett, S. (2012). Genetic Variation for Potato Tuber Micronutrient Content and Implications for Biofortification of Potatoes to Reduce Micronutrient Malnutrition. *Am. J. Pot Res*, 89, 192–198. <https://doi.org/10.1007/s12230-012-9242-7>
- Ierna, A., Pellegrino, A., Paolo, R., and Leonard, Ch. (2020). Micronutrient Foliar Fertilization for the Biofortification of Raw and Minimally Processed Early Potatoes. *Agronomy*, 10, 1744. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111744>
- International Potato Center CIP (2017). *Inventario de tecnologías e información para el cultivo de papa en Ecuador*. <https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/12/32-chaucha-colorada/>
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) (2016). *Boletín Climatológico Semestral 2016 (en línea)*. Quito, Ecuador, INAMHI. 21 p. http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_sem.pdf
- Kanwar, P., Raghav, M., Lavlesh & Chandra, U. (2019). Effect of zinc application on quality of potato. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(1), 1921-1923. <https://www.phytojournal.com/archives/2019.v8.i1.7050/effect-of-zinc-application-on-quality-of-potato>
- Kodama, H., Tanaka, M., Naito, Y., Katayama, K. & Moriyama, M. (2020). Japan's Practical Guidelines for Zinc Deficiency with a Particular Focus on Taste Disorders, Inflammatory Bowel Disease, and Liver Cirrhosis. *Int. J. Mol. Sci.*, 21(8), 2941. <https://doi.org/10.3390/ijms21082941>
- Kromann, P., Valverde, F., Alvarado, Vélez, R., Pisuña, j., Potosí, B., Taipe, B., Caballero, D., Cabezas, A. & Devaux, A. (2017). Can Andean potatoes be

agronomically biofortified with iron and zinc fertilizers? *Plant Soil*, 411, 121–138. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-3065-0>

Kumar, S., Palve, A., Joshi, Ch., Srivastava, R. & Rukhsar (2019). Crop biofortification for iron (Fe), zinc (Zn) and vitamin A with transgenic approaches. *Heliyon*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01914>

Kumar, K. & Kumar, M. (2020). Effect of Foliar Micronutrients Application on Potato Cultivation. *Just Agriculture*, 1(3). <https://justagriculture.in/files/newsletter/nov/038.%20Effect%20of%20Foliar%20Micronutrients%20Application%20on%20Potato%20Cultivation.pdf>

Lenka, B. & Kumar, S. (2019). Effect of boron and zinc application on growth and productivity of potato (*Solanum tuberosum*) at alluvial soil (Entisols) of India. *Indian Journal of Agronomy*, 64 (1), 129 -137. https://www.researchgate.net/publication/340579902_Effect_of_boron_and_zinc_application_on_growth_and_productivity_of_potato_Solanum_tuberosum_at_alluvial_soil_Entisols_of_India

Mahmud, N, Ferdous, Z., Ullah, H., Ahmed, N., Molla, S. & Anwar, M. (2021). Effect of zinc on grading, quality and yield of potato (*Solanum tuberosum*) in Bangladesh. *International Journal of Agricultural Technology*, 17(5),1821-1832. [http://www.ijat-aatsea.com/pdf/v17_n5_2021_September/13_IJAT_17\(5\)_Mahmud,%20N.%20U..pdf](http://www.ijat-aatsea.com/pdf/v17_n5_2021_September/13_IJAT_17(5)_Mahmud,%20N.%20U..pdf)

Manrique, K. (2013). Aplicación de Sulfato de zinc en el cultivo de papa: posibilidad de mayor productividad y rentabilidad. *Agro Enfoque*. http://repebis.upch.edu.pe/articulos/agro_enfoque/v28n188/a3.pdf

Murmu, S., Saha, S., Saha, B. & Hazra, G. (2014). Influences on Zn and B on the yield and nutrition of two widely grown potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.). *Ann. Biol.*, 30(1): 37–41. https://www.researchgate.net/publication/286616863_Influence_of_Zn_and_B_on_the_yield_and_nutrition_of_two_widely_grown_potato_cultivars_Solanum_tuberosum_L

Noulas, Ch., Tziouvalekas, M. & Karyotis, T. (2018). Zinc in soils, water and food crops. *Biology*, 49: 252-260. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.02.009>

Parra, C. (2013). *Evaluación de tres niveles de fertilización química y dos niveles de*

fertilización orgánica en la variedad I –Fripapa – 99 y los clones 99 – 66 – 6 y 98 – 11 – 6 de papa (Solanum tuberosum) en el Centro de Experimentación y Producción Salache (Ceypsa - UTC) en la provincia de Cotopaxi. Tesis pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi. Archivo digital. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2580/1/T-UTC-00116.pdf>

Petruzzello, M. (Ed). (2022). *Potato*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/plant/potato>

Pisuña, J. (2015). *Biofortificación agronómica de la papa (Solanum tuberosum L.) mediante la aplicación de zinc (zn) al suelo y follaje.* Tesis pregrado, Universidad Central del Ecuador. Archivo digital. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3237>

Porra, C. y Brenes, A. (2015). Calidad de los tubérculos y componentes de rendimiento de híbridos F1 de papa (*Solanum tuberosum*). *Agronomía Costarricense*, 39(3), 37-46. <https://www.redalyc.org/journal/436/43642604003/html/>

Punina, E. (2013). *Evaluación agronómica del cultivo de papa (Solanum tuberosum) c.v. “Fripapa” a la aplicación de tres abonos completos.* Tesis pregrado, Universidad Técnica de Ambato. Archivo digital. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6532/1/Tesis-69%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%202010.pdf>

Quespaz, J. (2022). *Evaluación de alternativas de biofertilización para el cultivo de papa (Solanum Tuberosum L.) cv. Superchola, con el empleo de microorganismos en Andisoles, en la Provincia del Carchi, Cantón Huaca.* Tesis de pregrado, Universidad Politécnica del Carchi. Archivo digital. <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1675/1/437-%20QUESPAZ%20FLORES%20JORDAN%20FABRICIO.pdf>

Quispe, M. (2020). *Fertilización foliar y edáfica con zinc para la biofortificación agronómica del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en Cañete.* Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina. Archivo digital. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4572/quispe-poma-melissa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Racines, M., Cuesta, X., y Castillo, C. (Ed.). (2021). *Manual del cultivo de papa para*

pequeños productores. Quito, Ecuador: Imprenta IdeaZ. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5672>

- Rahman, W., Islam, M., Sheikh, M., Hossain, I., Kawochar, A. & Alam, S. (2018). Effect of Foliar Application of Zinc on the Yield, Quality and Storability of Potato in Tista Meander Floodplain Soil. *Pertanika J. Trop. Agric. Sc.*, 41 (4), 1779-1793. https://www.researchgate.net/publication/329309002_Effect_of_foliar_application_of_zinc_on_the_yield_quality_and_storability_of_potato_in_Tista_meander_floodplain_soil
- Reynaud, A. (2014). Requerimiento de micronutrientes y oligoelementos. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 60(2). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-51322014000200010
- Rivadeneira, J., Ortega, D., Morales, V. y Monteros, C. y Cuesta, X. (2016). Efecto de la interacción genotipo por ambiente sobre los contenidos de Hierro, Zinc y Vitamina C en Genotipos de Papa (*Solanum sp.*). *Revista Latinoamericana de la Papa*, 20 (1), 32 - 45. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3232/1/iniapscCD37.pdf>
- Romero, C (2019). *Rendimiento de semilla pre básica de papa (Solanum tuberosum) variedad chaucha roja, proveniente del sistema de producción aeropónico*. Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato. Archivo digital. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30477/1/Tesis-239%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20642.pdf>
- Rojas, L. y Seminario, J. (2014). Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja) de la región Cajamarca. *Scientia Agropecuaria*, 5, 165 - 175. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.04.01>
- Roholla, S., Galavi, M. & Ahmadvand (2007). Effect of Zinc and Manganese Foliar Application on Yield, Quality and Enrichment on Potato (*Solanum tuberosum L.*). *Asian Journal of Plant Sciences*, 6(8), 1256-1260. <https://doi.org/10.3923/ajps.2007.1256.1260>
- Romero, L., Gonzáles, F., Abad, N., Ramírez, A. y Guamán, M. (2020). El zinc en el tratamiento de la talla baja. *Universidad y Sociedad*, 12(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202020000200341

- Rousselle, P. (1996). *La patata, producción, mejoras, plagas y enfermedades, utilización*. Paris, Francia, Mundi Prensa. 601 p
- Sarkar, S., Banerjee, H. and Sengupta, K. (2018). Agronomic fortification of zinc in potato production in Indian context: A review. *Journal of Applied and Natural Science*, 10(3):1037-1045. <https://journals.ansfoundation.org/index.php/jans/article/view/1863/1672>
- Sati, K. Raghav M., Chandra, U. & Yadav, L. (2017). Effect of zinc sulphate application on quality of potato. *Res. on Crops*, 18 (1), 98-102. <https://doi.org/10.5958/2348-7542.2017.00017.1>
- Sayantani, V. & Anandharamakrishnan, J. (2022). Zinc nutrition and human health: Overview and implications. *eFood*. <https://doi.org/10.1002/efd2>. <https://doi.org/10.1002/efd2.17>
- Sharma, J., Kumar, P., Dua, V., Kumar, M., Sharma, V. & Kumar, D. (2022). Strategies for agronomic biofortification of potato tubers with zinc. *Potato J*, 49 (1): 27-31. <https://epubs.icar.org.in/index.php/PotatoJ/article/view/123494/47627>
- Singh, B., Goutam, U., Kukreja, S., Sharma, J., Sood, S. & Bhardwaj, V. (2021). Potato biofortification: an effective way to fight global hidden hunger. *Physiol Mol Biol Plants*, 27(10), 2297–2313. <https://doi.org/10.1007/s12298-021-01081-4>
- Singh, H., Singh, S., Kumar, D. & Kumar, S. (2018). Impact of foliar application of zinc on potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Kufri pukhraj. *Plant Archives*, 18(2), 1334-1336. [http://plantarchives.org/18-02/1334-1336%20\(4356\).pdf](http://plantarchives.org/18-02/1334-1336%20(4356).pdf)
- Taghi, S. & Jafari, M. (2017). Show more the importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 119-132. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.02.017>
- Tererai, T. & Mcebisi, M. (2023). Genetic bio-fortification of cereals from a plant breeding perspective. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 15(1): 42-56. <https://10.5897/JPBCS2022.0997>

- Vaca, A. (2015). *Políticas y programas implementadas en Ecuador para tratar las deficiencias de micronutrientes en los últimos 15 años*. Tesis pregrado, Universidad San Francisco de Quito. Archivo digital. <https://core.ac.uk/download/pdf/147371077.pdf>
- Valverde, F. y Alvarado, S. (2009). *Manejo del suelo y la fertilización en el cultivo de papa: experiencias del DMSA*. Repositorio digital. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2496/1/iniapsc343m.pdf>
- White, P., Thompson, J. & Wright, G. (2017). Biofortifying Scottish potatoes with zinc. *Plant and Soil*, 411(1-2). <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2903-4>.
- Weyh, C., Krüger, K., Peeling, P. & Castell, L. (2022). The Role of Minerals in the Optimal Functioning of the Immune System. *Nutrients*, 14(3), 644. <https://doi.org/10.3390/nu14030644>
- White, P., Broadley, M., Hammond, J. & Ramsay, G. (2012). Bio-fortification of potato tubers using foliar zinc-fertiliser. *the Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 87(2),123-129. doi:10.1080/14620316.2012.11512842.
- Yumisaca, R, Aucancela, F., Haro, C., Pérez, J. y Andrade, J. (2009). Encontrando soluciones sostenibles con pequeños productores de papa a través de investigación participativa en la sierra centro de Ecuador. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 15(1), 86-89. <http://35.196.170.157/index.php/rev-alap/article/view/160/163>

5.4. Anexos

Tabla 26

Análisis del suelo de la parte experimental

MC-LASPA-2201-01



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
 Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua.
 Tifs. (02) 3007284 / (02)2504240
 Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec



INFORME DE ENSAYO No: 23-0392

NOMBRE DEL CLIENTE: Romero Larrea Carlos Anibal
PETICIONARIO: Romero Larrea Carlos Anibal
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Romero Larrea Carlos Anibal
DIRECCIÓN: Río Coca y Río Arajuno

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 14/08/2023
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 9:10
FECHA DE ANÁLISIS: 21/08/2023
FECHA DE EMISIÓN: 01/09/2023
ANÁLISIS SOLICITADO: 54

Análisis	pH		N		P		S		B		K		Ca		Mg		Zn		Cu		Fe		Mn		Ca/Mg		Mg/K		Ca+Mg/K		Σ Bases		MO		CO.*		Textura (%)				IDENTIFICACIÓN
			ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	
23-1670	7,67	L AI	86,16	A	68,50	A	12,43	M	0,98	B	2,28	A	14,30	A	3,60	A	2,8	B	7,5	A	81	A	9,5	M	3,97	1,58	7,87	20,18	2,41	A			61	31	8	FRANCO-ARENOSO	Muestra 1				

Análisis	Al+H*	Al*	Na*	C.E.	N. Total	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	Cl*	pH KCl*	IDENTIFICACION
	ppm	ppm	meq/100g		%	ppm	meq/100g	ppm	ppm		

OBSERVACIONES:

* Ensayos no solicitados por el cliente

METODOLOGIA USADA			
pH = Suelo: Agua (1:2,5)	P K Ca Mg = Olsen Modificado		
5,8 = Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn = Olsen Modificado		
	B = Curcumina		

INTERPRETACION		
pH	Elemento	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	LAI = Lige. Alcalino	M = Medio
PN = Prac. Neutro	AI = Alcalino	A = Alto
RC = Requieren Cal		T = Tóxico (Boro)

ABREVIATURAS	
C.E =	Conductividad Eléctrica
M.O. =	Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Pasta saturada
M.O. =	Dicromato de Potasio
Al+H =	Titulación NaOH

INTERPRETACION		
Al+H, Al y Na	C.E.	M.O y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino
T = Tóxico		M = Medio
		A = Alto



RESPONSABLE DE LABORATORIO

LABORATORISTA

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

* Opiniones de Interpretación, etc, que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

Figura 9

Distribución de los tratamientos y sus réplicas en el terreno de experimentación

T3R3 (M5)	T6R3 (M10)	T1R2 M15	T3R1 (M20)	T1R3 (M24)	T15R3 (M29)	T13R2 (M34)	T12R3 (M39)	T11R3 (M44)	T9R3 (M48)
T5R1 (M4)	T8R1 (M9)	T8R2 (M14)	T4R29 (M19)	T2R3 (M23)	T16R3 (M28)	T9R1 (M33)	T13R3 (M38)	T16R1 (M43)	T10R2 (M47)
T3R2 (M3)	T7R1 (M8)	T1R1 (M13)	T6R2 (M18)	T4R3 (M22)	T11R1 (M27)	T10R1 (M32)	T14R2 (M37)	T10R3 (M42)	T15R2 (M46)
T2R2 M2	T7R3 (M7)	T7R2 (M12)	T4R1 (M17)	T2R1 (M21)	T14R1 (M26)	T14R3 (M31)	T9R2 (M36)	T12R2 (M41)	T12 R1 (M45)
T6R1 (M1)	T5R2 (M6)	T8R3 (M11)	T5R3 (M16)		T13R1 (M25)	T15R1 (M30)	T11R2 (M35)	T16R2 (M40)	

Nota: La letra M seguido por el número es la codificación de las muestras para el análisis de zinc enviado al INIAP.

Figura 10

Experimento del uso de fertilización foliar con sulfato de zinc en papa INIAP-Fripapa y papa Chaucha roja

	
Semilla de Papa INIAP-Fripapa.	Semilla de Papa Chaucha roja.
	
Preparación del terreno.	Riego de agua antes de la siembra.
	
Plantas de papa emergidas.	Bomba de aspersión marca Marelli, manual y a motor para fertilización foliar con Sulfato de zinc.
	
Tercera aplicación de fertilización foliar con Sulfato de zinc a los 75 días de la siembra en INIAP-Fripapa.	Parte experimental a los 75 días de la siembra en papa Chaucha roja.

	
<p>INIAP-Fripapa en crecimiento</p>	<p>Papa chaucha roja en crecimiento</p>
	
<p>INIAP-Fripapa cosechada</p>	<p>Papa Chaucha roja cosechada</p>
	
<p>Pesaje de las papas</p>	<p>Muestras de papas enviadas al INIAP para el análisis de zinc</p>

Tabla 27

Análisis de zinc en tubérculos de los diferentes tratamientos realizados en el INIAP

	<p style="text-align: center;">INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1. CutuglaguaTifs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340</p>		<p style="text-align: right;">MC-LSAIA-2201 Rev. 9</p>
---	--	---	--

INFORME DE ENSAYO N°: 24-0011

****NOMBRE DEL PETICIONARIO:**
****DIRECCIÓN:**
FECHA DE EMISIÓN:
FECHA DE ANÁLISIS:

Sr. Carlos Anibal Romero
Ambato Rio Coca y Rio Arajuno
02/02/2024
Del 23 de enero al 02 de febrero del 2024

****INSTITUCIÓN:**
****ATENCIÓN:**
FECHA DE RECEPCIÓN:
HORA DE RECEPCIÓN:

Particular
Sr. Carlos Anibal Romero
23/01/2024
10H03

ANÁLISIS SOLICITADOS

Zinc

RESULTADOS DE ANÁLISIS						
ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Papa M1	24-0037	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	81,87	%
Zn Ω	Papa M1	24-0037	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	23	ppm
HUMEDAD	Papa M2	24-0038	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	82,26	%
Zn Ω	Papa M2	24-0038	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	19	ppm
HUMEDAD	Papa M3	24-0039	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	83,44	%
Zn Ω	Papa M3	24-0039	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	21	ppm
HUMEDAD	Papa M4	24-0040	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	86,45	%
Zn Ω	Papa M4	24-0040	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	22	ppm
HUMEDAD	Papa M5	24-0041	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	83,26	%
Zn Ω	Papa M5	24-0041	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	21	ppm
HUMEDAD	Papa M6	24-0042	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	84,04	%
Zn Ω	Papa M6	24-0042	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	22	ppm

ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Papa M7	24-0043	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	83,78	%
Zn Ω	Papa M7	24-0043	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	24	ppm
HUMEDAD	Papa M8	24-0044	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	83,65	%
Zn Ω	Papa M8	24-0044	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	23	ppm
HUMEDAD	Papa M9	24-0045	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	83,74	%
Zn Ω	Papa M9	24-0045	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	23	ppm
HUMEDAD	Papa M10	24-0046	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	84,6	%
Zn Ω	Papa M10	24-0046	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	22	ppm
HUMEDAD	Papa M11	24-0047	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	83,16	%
Zn Ω	Papa M11	24-0047	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	26	ppm
HUMEDAD	Papa M12	24-0048	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	84,25	%
Zn Ω	Papa M12	24-0048	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	26	ppm
HUMEDAD	Papa M13	24-0049	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	81,19	%
Zn Ω	Papa M13	24-0049	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	17	ppm
HUMEDAD	Papa M14	24-0050	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	82,95	%
Zn Ω	Papa M14	24-0050	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	25	ppm
HUMEDAD	Papa M15	24-0051	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	82,73	%
Zn Ω	Papa M15	24-0051	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	20	ppm

ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Papa M16	24-0052	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	83,12	%
Zn Ω	Papa M16	24-0052	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	22	ppm
HUMEDAD	Papa M17	24-0053	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	84,34	%
Zn Ω	Papa M17	24-0053	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	21	ppm
HUMEDAD	Papa M18	24-0054	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	83,84	%
Zn Ω	Papa M18	24-0054	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	22	ppm
HUMEDAD	Papa M19	24-0055	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	80,79	%
Zn Ω	Papa M19	24-0055	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	21	ppm
HUMEDAD	Papa M20	24-0056	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	82,40	%
Zn Ω	Papa M20	24-0056	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	20	ppm
HUMEDAD	Papa M21	24-0057	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	82,89	%
Zn Ω	Papa M21	24-0057	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	20	ppm
HUMEDAD	Papa M22	24-0058	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	82,71	%
Zn Ω	Papa M22	24-0058	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	21	ppm
HUMEDAD	Papa M23	24-0059	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	82,54	%
Zn Ω	Papa M23	24-0059	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	20	ppm
HUMEDAD	Papa M24	24-0060	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	83,60	%
Zn Ω	Papa M24	24-0060	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	20	ppm
HUMEDAD	Papa M27	24-0061	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	77,14	%
Zn Ω	Papa M27	24-0061	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	21	ppm
HUMEDAD	Papa M33	24-0062	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	79,77	%
Zn Ω	Papa M33	24-0062	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	18	ppm

ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Papa M36	24-0063	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	78,85	%
Zn Ω	Papa M36	24-0063	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	15	ppm
HUMEDAD	Papa M39	24-0064	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	65,80	%
Zn Ω	Papa M39	24-0064	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	25	ppm
HUMEDAD	Papa M45	24-0065	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	78,52	%
Zn Ω	Papa M45	24-0065	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	21	ppm
HUMEDAD	Papa M48	24-0066	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	77,56	%
Zn Ω	Papa M48	24-0066	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	19	ppm

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente. La toma de muestra no es responsabilidad del laboratorio, le corresponde al cliente. Los ensayos marcados con (Ω) se reportan en base seca. Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con la muestra sometida a ensayo que se detalla en éste documento tal como se recibió. El laboratorio se responsabiliza de toda la información suministrada en el informe, excepto cuando la información la suministre el cliente. **NOTA DE DESCARGO:** Si el lector de este correo electrónico no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. De igual manera, la información entregada por el cliente, generada durante las actividades del laboratorio e información contenida en éste informe es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. Los datos marcados con ** son suministrados por cliente, el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

RESPONSABLES DEL INFORME	
Nombre	Dr. Iván Samaniego. PhD.
Cargo	RESPONSABLE DNC
Firma	
Fecha	2024-02-02

	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1. CutuglaguaTifs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340		MC-LSAIA-2201 Rev. 9
---	--	---	---------------------------------------

INFORME DE ENSAYO N°: 24-0003

**NOMBRE DEL PETICIONARIO: **DIRECCIÓN: FECHA DE EMISIÓN: FECHA DE ANÁLISIS:	Sr. Carlos Anibal Romero Ambato Rio Coca y Rio Arajuno 18/01/2024 Del 08 al 18 de enero del 2024	**INSTITUCIÓN: **ATENCIÓN: FECHA DE RECEPCIÓN: HORA DE RECEPCIÓN:	Particular Sr. Carlos Anibal Romero 08/01/2024 9H40
---	---	--	--

ANÁLISIS SOLICITADOS

Zinc

RESULTADOS DE ANÁLISIS

ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Papa M25	24-0004	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	83,16	%
Zn	Papa M25	24-0004	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	31	ppm
HUMEDAD	Papa M26	24-0005	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	77,16	%
Zn	Papa M26	24-0005	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	26	ppm
HUMEDAD	Papa M28	24-0006	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	86,63	%
Zn	Papa M28	24-0006	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	34	ppm
HUMEDAD	Papa M29	24-0007	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	79,10	%
Zn	Papa M29	24-0007	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	31	ppm
HUMEDAD	Papa M30	24-0008	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	79,20	%
Zn	Papa M30	24-0008	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	32	ppm
HUMEDAD	Papa M31	24-0009	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	84,23	%
Zn	Papa M31	24-0009	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	31	ppm

ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Papa M32	24-0010	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	77,87	%
Zn	Papa M32	24-0010	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	17	ppm
HUMEDAD	Papa M34	24-0011	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	84,52	%
Zn	Papa M34	24-0011	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	27	ppm
HUMEDAD	Papa M35	24-0012	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	78,07	%
Zn	Papa M35	24-0012	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	23	ppm
HUMEDAD	Papa M37	24-0013	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	85,48	%
Zn	Papa M37	24-0013	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	30	ppm
HUMEDAD	Papa M38	24-0014	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	77,27	%
Zn	Papa M38	24-0014	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	23	ppm
HUMEDAD	Papa M40	24-0015	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	86,14	%
Zn	Papa M40	24-0015	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	38	ppm
HUMEDAD	Papa M41	24-0016	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	79,00	%
Zn	Papa M41	24-0016	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	21	ppm
HUMEDAD	Papa M42	24-0017	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	77,25	%
Zn	Papa M42	24-0017	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	18	ppm
HUMEDAD	Papa M43	24-0018	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	88,90	%
Zn	Papa M43	24-0018	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	38	ppm

ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CODIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Papa M44	24-0019	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	78,15	%
Zn	Papa M44	24-0019	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	20	ppm
HUMEDAD	Papa M46	24-0020	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	87,02	%
Zn	Papa M46	24-0020	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	37	ppm
HUMEDAD	Papa M47	24-0021	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	78,50	%
Zn	Papa M47	24-0021	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	15	ppm

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente. La toma de muestra no es responsabilidad del laboratorio, le corresponde al cliente. Los ensayos marcados con (Ω) se reportan en base seca. Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con la muestra sometida a ensayo que se detalla en éste documento tal como se recibió. El laboratorio se responsabiliza de toda la información suministrada en el informe, excepto cuando la información la suministre el cliente. **NOTA DE DESCARGO:** Si el lector de este correo electrónico no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. De igual manera, la información entregada por el cliente, generada durante las actividades del laboratorio e información contenida en éste informe es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. Los datos marcados con ** son suministrados por cliente, el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

RESPONSABLES DEL INFORME	
Nombre	Dr. Iván Samaniego. PhD.
Cargo	RESPONSABLE DNC
Firma	
Fecha	2024-01-18