



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud de la **TESIS** cuyo título es:

"EFECTO DE LOS MICRONUTRIENTES ZINC Y HIERRO PARA BIOFORTIFICACIÓN DEL CULTIVO DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA), VAR.: INIA 446-ATIPAQ PARA REGIÓN COSTA – CHINCHA"

Presentado por:

FLORES HERNÁNDEZ OMAR ALBERTO

De la **MAESTRÍA EN AGRONOMÍA** mención **PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**.


Que, se ha recibido del operador del programa informático evaluador de originalidad de la Escuela de Posgrado de la UNICA, el informe automatizado de originalidad, el mismo que concluye de la siguiente manera:

El documento de investigación APRUEBA los criterios de originalidad con un porcentaje de similitud de 4%.

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de iThenticate. En Ica 19 de agosto de 2025.

Atentamente

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
ESCUELA DE POSGRADO


Dr. MARIO GUSTAVO REYES MEJÍA
DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Escuela de Posgrado

Maestría: Agronomía

Mención: Producción Agrícola



TESIS

Efecto de los micronutrientes zinc y hierro para biofortificación del cultivo de Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Var.: INIA 446-ATIPAQ para región Costa – Chincha

Línea de Investigación: Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles

Presentado por:

OMAR ALBERTO FLORES HERNÁNDEZ

PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO

Ica, Perú

2025

DEDICATORIA:

La presente tesis está dedicada a Dios por guiarme y darme la luz hacia el camino del bien.

A mis padres Luis Flores Vásquez y Delia Hernández Astocaza, que invirtieron gran parte de su fuerza, tiempo y dinero en mi formación académica. Gracias por ser como son, porque su presencia y persona han ayudado a construir y forjar la persona que ahora soy.

A mis maestros y amigos; que en el andar por la vida nos hemos ido encontrando; porque cada uno de ustedes a motivado mi sueño.

A mis hijos por ser el motor y motivo de seguir adelante.

AGRADECIMIENTO:

Expreso mi sincero agradecimiento a los docentes de mi Alma Mater, en especial al Ing. Luis Felipe Bendezú Díaz, por ser tutor de la tesis cuya experiencia, paciencia y apoyo constante fueron fundamentales para la realización de este trabajo de investigación de mucha importancia para una alimentación saludable.

A la Escuela de Postgrado, Director, así como a todo el personal Docente que han colaborado en aumentar mis conocimientos académicos de mi especialidad.

ÍNDICE

CONTENIDO		Pág.
I	INTRODUCCIÓN.....	1
II	ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	19
	2.1 Materiales.....	19
	2.1.1 Ubicación del campo experimental.....	19
	2.1.2 Material biológico.....	19
	2.1.3 Análisis de suelo.....	19
	2.1.4 Análisis del agua de riego.....	20
	2.1.5 Tratamiento en estudio.....	21
	2.1.6 Tipo, nivel y diseño de la investigación.....	22
	2.2 Población y Muestra.....	22
	2.2.1 Población de estudio.....	22
	2.2.2 Muestra del estudio.....	22
	2.3 Características del campo experimental.....	23
	2.4 Diseño de Investigación.....	24
	2.5 Conducción del Experimento.....	25
	2.6 Variables Evaluadas.....	27
	2.7 Técnica de recolección de datos.....	28
III	RESULTADOS.....	29
IV	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	35
	4.1 Características del campo experimental.....	35
	4.2 Análisis de agua de riego.....	35
	4.3 Conducción meteorológica.....	36
	4.4 Altura de plantas (m).....	37
	4.5 Longitud de panoja (m).....	38
	4.6 Peso seco de panoja en plantas (g).....	39
	4.7 Peso de grano/parcela y rendimiento total en Kg/Ha.....	39
	4.8 Contenido foliar de Hierro en hojas de quinua.....	41
	4.9 Contenido de Zinc (ppm) en hojas de quinua.....	42
	4.10 Contenido de Hierro en grano de quinua.....	43
	4.11 Contenido de Zinc (ppm) en granos de quinua.....	44

	4.12 Contrastación de Hipótesis.....	45
	4.12.1 Contrastación de la hipótesis general.....	45
	4.12.2 Contrastación de la hipótesis específica.....	45
V	CONCLUSIONES.....	46
VI	RECOMENDACIONES.....	47
VII	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	48
VIII	ANEXO.....	52

INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Análisis físico – mecánico del suelo experimental.....	19
Tabla 2	Análisis químico de suelos – caracterización.....	20
Tabla 3	Análisis de agua de riego – INIA– EEA – CHINCHA	20
Tabla 4	Observaciones meteorológicas de Marzo a Agosto.....	21
Tabla 5	Tratamientos en estudio.....	22
Tabla 6	Cronograma de Riego.....	26
Tabla 7	Control Fitosanitario.....	26
Tabla 8	Análisis de varianza de la altura de planta en el efecto de los micronutrientes zinc y hierro para biofortificación del cultivo de quinua INÍA 446-ATIPAQ para región costa – Chincha. 2024.	29
Tabla 9	Prueba de Rango Múltiple de Duncan ($\alpha=0.05$) para la altura de planta en el efecto de los micronutrientes zinc y hierro para biofortificación del cultivo de quinua INÍA 446-ATIPAQ para región costa – Chincha 2024.	29
Tabla 10	Análisis de varianza de la longitud de panoja en el efecto de los micronutrientes zinc y hierro para biofortificación del cultivo de quinua INÍA 446-ATIPAQ para región costa – Chincha. 2024.	30
Tabla 11	Prueba de Rango Múltiple de Duncan ($\alpha=0.05$) para la longitud de panoja en el efecto de los micronutrientes zinc y hierro para biofortificación del cultivo de quinua INÍA 446-ATIPAQ para región costa – Chincha. 2024.	30
Tabla 12	Análisis de varianza del peso de panoja en el efecto de los micronutrientes zinc y hierro para biofortificación del cultivo de quinua INÍA 446-ATIPAQ para región costa – Chincha. 2024.	31
Tabla 13	Prueba de Rango Múltiple de Duncan ($\alpha=0.05$) para el peso de panoja en el efecto de los micronutrientes zinc y hierro para biofortificación del cultivo de quinua INÍA 446-ATIPAQ para región costa – Chincha. 2024.	31
Tabla 14	Análisis de varianza del peso de granos en 12 metros lineales de plantas de quinua, en el efecto de los micronutrientes zinc y hierro para biofortificación del cultivo de quinua INÍA 446-ATIPAQ para región costa – Chincha. 2024.	32
Tabla 15	Prueba de Rango Múltiple de Duncan ($\alpha=0.05$) para el peso(kg) de granos en 12 metros lineales de planta de quinua en el efecto de los micronutrientes zinc y hierro para biofortificación del cultivo de quinua INÍA 446-ATIPAQ para región costa – Chincha. 2024.	32

INDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Distribución de tratamientos en e croquis experimental.....	24
Figura 2	Contenido de Hierro (ppm) en los tratamientos en las hojas de Quinoa.....	33
Figura 3	Contenido de Zinc (ppm) en los tratamientos en las hojas de Quinoa.....	33
Figura 4	Contenido de Hierro (ppm) en los tratamientos en granos de Quinoa.....	34
Figura 5	Contenido de Zinc (ppm) en los tratamientos en granos de Quinoa	34
Figura 6	Sembrado de quinoa.....	72
Figura 7	Emergencia planta de quinoa.....	72
Figura 8	Planta de quinoa a los 45 días.....	72
Figura 9	Aplicación sanitaria.....	73
Figura 10	Inicio de botoneo.....	74
Figura 11	Desarrollo de panoja.....	74
Figura 12	Inicio de maduración de panoja.....	74
Figura 13	Panoja antes de cosecha.....	74

RESUMEN

Este trabajo de investigación relacionado con el proceso de biofortificación agronómica en el cultivo de quinua variedad INIA – 446 – ATIPAQ se llevó a cabo en los terrenos de la Estación Experimental INIA – Chíncha, ubicado en el distrito de Chíncha Baja, a la altura del km 200.5 de la carretera Panamericana Sur, con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de los microelementos hierro y zinc y la capacidad de absorción de ambos y la biofortificación del cultivo de quinua. Se aplicaron diez tratamientos en el diseño de Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones, utilizando como fuentes fertilizantes minerales, sulfatos de hierro y zinc más los quelatos de ambos incluyendo los ácidos húmicos y fúlvicos. Se evaluó la altura de planta, longitud y peso de panoja, rendimiento de grano y se realizaron los análisis de contenido de hierro y zinc tanto en hojas como en granos. Como resultado se encontró diferencias significativas en el peso y rendimiento de granos, destacando el tratamiento 10, con 40 Kg/Ha de sulfato de zinc en combinación con 50 L/Ha de ácido húmico, con 4,350.0 Kg/Ha de grano; los mayores contenidos de hierro en hojas y granos se logró con el tratamiento 7 de 30 litros de ácido fúlvico con 20 Kg/Ha de sulfato ferroso y para el zinc tanto en hoja como en grano sobresalió el tratamiento de clave 2 con aplicaciones de sulfato de zinc a la dosis de 40 Kg/Ha con los más altos contenidos del nutriente.

Palabras claves: Quinua, sulfatos, quelatos, biofortificación, ácido.

ABSTRACT

This research work related to the agronomic biofortification process in the cultivation of quinoa variety INIA - 446 - ATIPAQ was carried out on the grounds of the INIA - Chinchá Experimental Station, located in the district of Chinchá Baja, at km 200.5 of the Panamerican Highway South, with the aim of evaluating the effect of the application of the microelements iron and zinc and the absorption capacity of both and the biofortification of the quinoa crop. Ten treatments were applied in the design of Randomized Complete Blocks, with four replications, using as sources mineral fertilizers, iron and zinc sulfates plus chelates of both including humic and fulvic acids. Plant height, panicle length and weight, grain yield were evaluated and iron and zinc content analyses were performed in both leaves and grains. As a result, significant differences were found in grain weight and yield, with treatment 10 standing out, with 40 Kg/Ha of zinc sulphate in combination with 50 L/Ha of humic acid, with 4,350.0 Kg/Ha of grain; the highest iron contents in leaves and grains were achieved with treatment 7 of 30 liters of fulvic acid with 20 Kg/Ha of ferrous sulphate and for zinc in both leaves and grain, key treatment 2 stood out with applications of zinc sulphate at a dose of 40 Kg/Ha with the highest contents of the nutrient.

Keywords: Quinoa, sulfates, chelates, biofortification, acid.

I. INTRODUCCIÓN

Siendo el cultivo de quinua uno de los productos banderas de nuestro país y la nueva variedad de quinua peruana con una muy alta capacidad productiva como la INIA – 446 – ATIPAQ, que es una variedad desarrollada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) del MIDAGRI que puede producir rendimientos de 3 – 4 toneladas de granos por hectárea, con lo cual supera en más de un 30% a las demás variedades de quinua, se refiere que es tolerante a plagas y enfermedades como el mildiu.

Esta variedad tiene una buena composición genética que le permite concentrar altos contenidos de aminoácidos esenciales en sus proteínas, minerales como el hierro y zinc, así como niveles adecuados de antocianina, el cual es un compuesto antioxidante y anticancerígeno, esto lo hace ideal para combatir la anemia es por ello que nosotros planteamos pares a disposición de las plantas ambos micronutrientes, tanto como sales minerales (sulfatos) así como en forma quelatizada que permite asimilar mayores cantidades de hierro o zinc a través de las raíces y luego confirmar con el apoyo de análisis químicos foliares tanto de hojas como de granos de quinua y que puedan mejorar o incrementar los tenores en ambos micronutrientes para que puedan reducir los índices de anemia y desnutrición de las clases más pobres de nuestro país, con énfasis en la población infantil de nuestra región.

En 2023 las exportaciones mundiales de quinua alcanzaron los 26 millones de dólares, lo que representa un crecimiento del 4% en comparación con 2022, siendo un cambio positivo tras cuatro años consecutivos de tasas negativas, con una recuperación en el mercado global de la quinua.

Los principales países exportadores de quinua fueron Perú, representando casi el 45% del mercado mundial en 2023 con exportaciones que alcanzaron los 98 millones de dólares. Bolivia, aunque con un volumen menor, sigue siendo un actor importante con exportaciones anuales cercanas a los 57 millones de dólares. Ambos países han diversificado sus mercados, exportando a Estados Unidos, la Unión Europea, Canadá y países de Asia y Oceanía [1].

La biofortificación es un proceso en el cual a través de prácticas agronómicas o del mejoramiento convencional se cruzan variedades ricas en micronutrientes con variedades populares y obtener nuevas variedades y eso justamente han hecho con la variedad de quinua INIA – 446 – ATIPAQ, el cual es el resultado de los trabajos de investigación desarrollados por el INIA – MIDAGRI en la Estación Experimental agraria ILLPA. En la región Puno y está constituida por genes de 17 líneas genéticas, provenientes de las colecciones de localidades productoras de quinua de las regiones de Puno y Huancayo; en el presente estudio se planteó sembrar esta variedad de quinua en un sistema de riego por goteo en la Estación Experimental de Chíncha y suplementar la fertilización química convencional con productos a base de sales minerales de sulfato ferroso y sulfato de zinc y productos quelatizados que ayudaron a una mejora de la nutrición con ambos nutrientes para mejorar la calidad de grano.

Existen dos nutrientes muy importantes que son el hierro y el zinc que son necesarios para las plantas, animales y seres humanos, tienen importantes funciones fisiológicas y están en las proteínas y tienen grandes cualidades anticancerígenas e inmune protectora también es sabido que es más de 60 – 80% de la población padecen de anemia y deficiencia de hierro y más del 30% tienen deficiencia de zinc y yodo. Por eso los especialistas recomiendan que los niños deben consumir más de 7 – 15 mg. de hierro las mujeres embarazadas más de 27 mg. diarios en cambio el zinc es menos entre 3 – 8 mg. diario para los niños.

Una de las mayores ventajas de la biofortificación es la única inversión para crear semillas biofortificadas, con bajos costos y permitir compartir la semilla con eso podemos hacer llegar alimentos fortificados a las personas de zonas rurales de bajos recursos económicos.

Todo eso es importante que la investigación agrícola debe tener los vínculos directos con el área de salud y nutrición humana por eso se debe tener la aceptación.

1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1 Antecedentes a nivel internacional

Los estudios realizados por [2] en Corea, señalan que investigaron los efectos de los tratamientos térmicos sobre las propiedades fisicoquímicas y las actividades biológicas in vitro de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.); para lo cual, los granos de quinua fueron sometidos a dos métodos diferentes de tratamiento térmico: hervido y vaporizado más tostado (vaporizado/tostado). Al comparar con la quinua cruda, las muestras de quinua hervida tuvieron contenidos ligeramente menores de proteína cruda, grasa cruda, ceniza cruda y almidón. Sin embargo, el tratamiento de vaporizado/tostado no causó diferencias significativas en la composición proximal. Los tratamientos térmicos redujeron los contenidos totales de fenólicos y flavonoides en los extractos de quinua, y se detectó una mayor reducción con el tratamiento de hervido. Los tratamientos térmicos aumentaron el índice de absorción de agua, pero disminuyeron el índice de solubilidad en agua. La hidrólisis del almidón in vitro aumentó sustancialmente después de ambos tratamientos térmicos, y se observaron valores ligeramente más altos en las muestras de quinua hervida.

Los estudios realizados por [3] en Corea, indican que las de quinua blanca fueron sometidas a germinación a 25 °C durante 2 días con una posterior liofilización, y evaluaron los efectos de la germinación en las propiedades fisicoquímicas, la digestibilidad del almidón in vitro y la actividad antioxidante. Como resultado obtenido, señalan que la germinación disminuyó los contenidos de proteína cruda, grasa y ceniza crudas, pero aumentó ligeramente el contenido total de carbohidratos, incluido el almidón. El contenido total de fenólicos en agua y extracto de etanol al 80% de quinua aumentó durante un período de germinación de 48 h, mientras que el contenido total de flavonoides disminuyó ligeramente. Con respecto a las

propiedades de empaste determinadas utilizando Rapid Visco Analyser (RVA) mostraron que el proceso de germinación disminuyó significativamente las viscosidades de empaste de la quinua, debido al aumento de las actividades amilolíticas. La hidrólisis del almidón in vitro (%) de la quinua germinada fue algo mayor que la de la quinua cruda. La actividad antioxidante (ensayo de 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo) de la quinua germinada fue ligeramente inferior a la de la quinua cruda.

Koziol [4], informa que en sus investigaciones estudió las características nutricionales de las diferentes variedades de quinua cultivada en tres áreas geográficas de Chile, encontrando que los granos de quinua tienen un promedio de 15% de proteínas, 6.3% de lípidos, 3.49% de cenizas, 63% de carbohidratos y 1.79% de fibra. Señala que, por otro lado, la quinua de la variedad BRS, estudiada por Borges et al. 2003, presentaron un contenido de proteína más alto que los valores promedios de proteína que normalmente se encuentren la quinua y también un contenido de lípidos más bajos.

La composición nutricional de la quinua varía principalmente según las diferencias ambientales y la variabilidad genética estudiaron las características fisicoquímicas y nutricionales de 6 variedades de quinua cultivadas en Chile y encontraron resultados diferentes para todos los genotipos evaluados [5].

Torres et al [6], en su trabajo de investigación evaluaron las características y propiedades nutritivas de 10 variedades de quinua del Altiplano boliviano). Informan que los resultados de su estudio mostraron que mayores rendimientos de proteínas (14 -18 por ciento) como promedio, comparados con los antecedentes. Destacan que la Variedad Real Blanca presenta un 17 por ciento y Ajara 18 por ciento en proteínas, asimismo presentan los más altos rendimientos respecto a la composición de sus macronutrientes y micronutrientes como Vitaminas como la tiamina 0.56mg/ 100g en la Real Blanca y Oligoelementos como el Calcio, Magnesio, Manganeso en la variedad Ajara.

1.1.2 Antecedentes a nivel nacional.

Campos-Rodríguez et al [7], en su investigación de revisión señalan que la quinua (*Chenopodium quinoa*) es un pseudocereal andino que se produce en países como Bolivia, Perú, Ecuador y en el sur de Colombia, destacando su perfil nutricional, su contenido proteico, carbohidratos, lípidos y por no poseer gluten; es rico en vitaminas; y es una excelente fuente de minerales, como calcio, magnesio, hierro y fósforo. Refieren que es uno de los pocos alimentos que poseen en su composición todos los aminoácidos esenciales, sobresaliendo de otros cereales como el arroz o el trigo. Es una excelente fuente de compuestos bioactivos, que poseen propiedades

antioxidantes, citotóxicas, antidiabéticas y antiinflamatorias; señalan que basados en diversos estudios, se indica que las hojas de quinua presentan mayor contenido proteico que los granos, así como nutrientes inorgánicos como calcio, fósforo, hierro y zinc. Además, pueden servir potencialmente como una fuente rica de compuestos fenólicos y carotenoides. Indican que los tratamientos térmicos convencionales afectan en gran o pequeña medida a la composición del alimento, incluyendo los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante. Sugieren que se debe fomentar la creación e innovación de productos con base en sus compuestos bioactivos, logrando así combatir la desnutrición de nuestra población.

Una investigación realizada por [8] sobre la huella hídrica en la producción de la quinua en las condiciones del clima de la sierra peruana; tuvo como objetivo hallar la huella hídrica en tres variedades de quinua, cultivadas en un suelo franco arenoso y regados tradicionalmente por gravedad. Las variedades fueron la PaskanKalla, Negra (Sollana) y Señor Huerto, y se evaluó la evapotranspiración, precipitación efectiva longitud de raíz, altura de planta y el rendimiento de grano en Kg/Ha infiltración básica y otras variables físicas, utilizando el programa Crop wat

. Los resultados obtenidos en el rendimiento fueron de 3.69 Ton/ha para PaskanKalla, 3.42 Ton/ha para Negra Sollana y 4.42 Ton/Ha para Señor Huerto y la determinación de la huella hídrica fue de 919.17 m³/Ton para la huella azul y 727.13 m³/Ton para la huella verde, según la relación con las condiciones climáticas de la zona y características del suelo.

Condori et al [9], llevaron a cabo un experimento de campo usando semilla de Quinoa de la variedad INIA – 415 – Pasankalla con el objetivo de evaluar el efecto de comparar bio carbón al suelo y el rendimiento de grano con diferentes frecuencias de riego y diferentes dosis de aplicación del bio carbón que es de 0 – 1, 2 y 3 Ton/Ha con riegos cada 5 – 10 y 15 días; según los resultados obtenidos se mejoró el rendimiento de semillas de quinua de 3.18 a 4.22 Ton/Ha se incrementó el área foliar, biomasa total, longitud de raíz y tamaño de la panícula y como conclusión indica que la aplicación de 3.0 Ton/Ha de bio carbón permite superar el estrés hídrico de riegos cada 10 y 15 días y poder mostrar todo un potencial productivo de este material vegetal nativo de regiones de Perú, Bolivia y Chile.

Gutiérrez [10], señala que en Ayacucho realizó una investigación para conocer la respuesta del cultivo de papa a la fertilización con zinc en suelos como estrategia para la biofortificación agronómica del cultivo, en un suelo de costa medidamente alcalino llevando su trabajo en un diseño de bloques al azar aplicando zinc foliar a 5 Kg/Ha y al suelo con 0 – 20 y 40 Kg de zinc. Ha⁻¹, la fertilización edáfica fue a la

siembra y la foliar en 4 ocasiones y se evaluaron rendimiento y concentración de zinc en hoja y en tubérculo y sus resultados demuestran que la fertilización de zinc al suelo no afecta de los rendimientos de papa pero el contenido de zinc en hojas y en tubérculos fueron aumentando con la aplicación foliares de zinc en hojas se tuvo 166.0 ppm de zinc en cascara 49.3 ppm y en pulpa 24.6 ppm y en el caso del cadmio no se apreció reducción del mismo por la fertilización con zinc.

Gruneberg [10], escribe que los camotes de pulpa anaranjada tienen un alto nivel de Betacaroteno, aun después de su procesamiento y cocción; indicando que en países de África se han dado mejoras significativas de la ingesta de vitamina "A", gracias al consumo de esta variedad de camote, mientras que en el Perú es posible mejorar la dieta de los niños con la incorporación de alimentos biofortificados como el camote rico en Betacaroteno en papillas. Con solo consumir 125 g. de la mayoría de las variedades de camote de pulpa naranja puede suministrar la cantidad diaria recomendada de vitamina "A" para los niños y las mujeres no lactantes (300 – 700 mg.) de actividad de retinol equivalente.

En el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNA – Puno [12], realizó su investigación con el objetivo de determinar la diferencia porcentual de germinación in vitro de semillas de quinua inoculadas con *Pseudomonas* sp. (cepa PQLMT18). y *Rhizobium* sp. (cepa DZ50), en Diseño Completo al Azar con 4 tratamientos con 6 repeticiones: semillas inoculadas con *Pseudomonas* sp. (T2), con *Rhizobium* sp. (T3), asociación de ambas cepas (T4) y un control negativo de semilla sin inóculo bacteriano (T1). Los resultados de porcentaje de germinación fueron mayores en el tratamiento T3 con 87% y menor en el control negativo con 84% no existiendo diferencias estadísticas. El mayor peso seco aéreo fue en el tratamiento T2 con 82.87 g y menor en el control negativo, no existiendo diferencias estadísticas; el mejor tratamiento fue T3 (semillas inoculadas con *Rhizobium* sp.) con 37.51 g y menor en el control negativo con 33.97 g.

En la Universidad Nacional Agraria La Molina, [13] realizó una investigación con el objetivo de evaluar el efecto de los microorganismos promotores del crecimiento vegetal como el *Azospirillum brasilense* y el *Glomus iranicum* Var.: *Tenuihypharum*, en cuatro variedades de quinua, INIA 441, Señor del Huerto, Blanca de Junín, INIA 415 – Pasankalla e INIA 420, Negra Collana, las semillas de la quinua se peletizaron con el *Azospirillum brasilense* en dosis de 200 gr/Ha (TURBA) y 150 ml/Ha (líquido) y el *Glomus*, se aplicó a una dosis de 3.0 Kg/Ha con 120 propágulos, se realizaron evaluaciones de altura de planta, la inoculación doble de *Azospirillum* + *Glomus* con la variedad INIA - 215, Señor Huerto supera en un

28.81% al Testigo, para el diámetro de panoja la variedad INIA – 415, PasanKalla supero al Testigo en 4.11 cm. La inoculación de *Azospirillum + Glomus* con la variedad Blanca de Junín y INIAA – 441, Señor del Huerto aumentó de manera muy clara el crecimiento y desarrollo con respecto a las otras dos variedades estudiadas que son la INIA – 415, PasanKalla, INIA – 420, La Negra Collana.

1.1.3 Antecedentes a nivel local.

En el “Fundo Milagritos” en Villacurí – Ica [14], realizaron una investigación en el cultivo de quinua variedad Salcedo con el objetivo de determinar las curvas de absorción y concentración de nutrientes, en siembra de julio y cosecha en noviembre, en parcelas subdivididas, donde en parcelas grandes aplicó al suelo 50 Kg/Ha de zinc, aplicación foliar de 8 Kg/Ha de zinc y aplicación combinada y luego a una subparcela se dio una aplicación foliar de 10 g de selenio por planta. Señalan que los resultados mostraron que las raíces de la planta absorbieron la mayor cantidad de potasio con 75.7 Kg/Ha, así mismo los tallos también acumularon potasio y nitrógeno con 46 y 126 kg/Ha respectivamente. A nivel de panojas, se tuvo las mayores cantidades de nitrógeno y potasio con valores de 336.33 y 429.48 Kg. /Ha respectivamente, al finalizar el periodo del cultivo o sea a los 90 días después de la siembra. La producción de biomasa aumentó con la aplicación por vía foliar en un 2.3% así como la aplicación de Selenio vía foliar 2.3% así como la ampliación de zinc al suelo un 25% y Ca aplicación de Zn y foliar 22%.

Bendezú y Huamán [15], realizaron una investigación en fertilización NPK en el cultivo de quinua, cultivar INIA – 431, Altiplano en el valle de Ica en el sector de Macacona, Ica con el objetivo de determinar la mejor dosis de NPK y realizar un estudio económico de los tratamientos. Los resultados obtenidos indican que encontraron diferencias estadísticas en los niveles del factor Nitrógeno, siendo la mejor dosis la de 80 kg/ha de Nitrógeno de igual forma para los niveles de fosforo y potasio, todos ellos para el peso seco de 10 panojas de quinua con promedio que van desde 239.65 g 246.10 y 240.05 gramos. En el rendimiento total de granos, también sobresale la dosis de 80 kg/ha de Nitrógeno cuyas parcelas tuvieron un promedio de 3,945 kg/ha de grano y para el análisis económico, se tiene que el mejor tratamiento es la fórmula 80-60-80 de NPK que logro la próxima cosecha de 4,079kg/ha que alcanzo un ingreso neto de 16,714 soles y la relación beneficio costo de 2.15 por cada nuevo sol invertido.

Cabrera y Cantoral [16], llevaron a cabo un experimento para estudiar el efecto combinado de la materia orgánica y la arcilla bentonita, en el cultivo de quinua, en el fundo Milagritos de la empresa Vanguard en el sector de Villacurí, Ica, combinando

cuatro fuentes de materia orgánica como compost, vermicompost, gallinaza y guano de invernadero con 10, 15 y 20 ton/ha de arcilla bentonita. Utilizó semilla de quinua de la variedad Salcedo INIA, siendo 12 tratamientos o combinaciones, evaluando las características morfológicas y el rendimiento comercial de grano. Los resultados estadísticos a los que llegaron demostraron que la mejor producción de cosecha de grano de quinua correspondió al tratamiento 11 (guano de gallinaza a 20 tn /ha con 15 toneladas de arcilla bentonita), que produjo una cosecha de 3,750 kg/ha, seguido del tratamiento 10 (gallinaza más 10 ton/ha de arcilla bentonita) con un rendimiento de 3,672 kg/ha.

Cuya [17], realizó un trabajo experimental para adaptación de dos variedades de quinua a diferentes densidades de siembra en Ica, con los objetivos de evaluar la adaptación de dos variedades de quinua y determinar el mejor potencial de rendimiento, Pasankalla y Blanca de Hualhuas, evaluando el porcentaje de germinación, altura de plantas, peso de 1000 granos y rendimiento total de cosecha en kg/ha de cada una de las variedades estudiadas. Como resultado señala que, la cosecha final es la más importante y halló diferencias significativas entre variedades, sobresaliendo el tratamiento 12 (variedad Pasankalla sembrado a 40 cm con 4 plantas por golpe, que ocupó el primer lugar con 2,333kg/ha de grano. En el análisis económico, sobresalió el tratamiento de clave 12 con la variedad pasankalla sembrado a 40 cm y la pasankalla sembrado a 30 cm.

Sánchez [18], llevó a cabo una investigación para ver el efecto del desarrollo fenológico en la composición proximal y capacidad antioxidantes en las hojas de quinua y ver el momento óptimo de cortes, para su consumo en fresco en cuatro variedades de quinua de blanca Junín, Pasankalla, Salcedo y la Blanca Criolla, este trabajo se llevó a cabo en la comunidad Matara en Cajamarca, se tomaron muestras cada 8 días desde el periodo de 6 hojas verdaderas hasta el periodo de floración y halló que la Salcedo es más precoz y la floración se dio a los 68 días luego la Pasankalla a los 76 días los demás llegaron a los 84 días y encontraron que tanto la pasankalla como la blanca criolla tiene un buen aporte de proteínas y mayor contenido de fibra así también la Salcedo y Blanca de Junín, también tienen un aporte de proteínas contenido de fibra compuestos fenológicos y capacidad antioxidante y termina recomendando usar las hojas de quinua deshidratadas para elaborar sopas e infusiones para la panificación y biofortificación en macro y micronutrientes analizan otras variedades de quinua sobre todo lo que presentan pigmentos en las hojas por tener mayor contenido de compuestos fenológicos con capacidad antioxidante.

Rosas [19], llevó a cabo una investigación en quinua en un suelo arenoso con el cultivo salcedo INIA para conocer la densidad de siembra de 300, 400, 500 y 600 mil plantas por hectárea evaluando la producción de grano y otras variables según sus resultados se encontró que la altura de plantas y número de panojas son afectados por el aumento de la densidad en cambio el tamaño de panojas y grosor de tallo tienen respuestas positivas al tener menor densidad para el tamaño de grano y peso de 1000 granos no hay diferencia estadística en cuanto al rendimiento sí hubieron deficiencia estadísticas y los mejores densidades son de 400 y 500 mil plantas por hectárea; eso se debe a que en los suelos arenosos, las plantas compitan por agua luz y nutrientes, eso indica que a mayor densidad hay un resultado negativo en la cosecha, en cambio a menor densidad o mayor densidad o sea los extremos los rendimientos son menores a 500 mil plantas logran cosechar de 4,812 Kg/Ha y con 400 mil plantas también los rendimientos son buenos de 4,128 Kg/Ha, en cambio con 600 mil y 300 mil, rindieron más bajos se solo 3,822 y 3,430 Kg/Ha.

Espinoza [20], llevó a cabo un interesante trabajo de investigación de mucha relevancia y actualidad porque se trata de un estudio de adaptación del cultivo de quinua al cambio climático en los andes del Perú, realizando en 2 localidades, la primera en Ancash (OCROS) y en la región DE Huancavelica (Angares) en los año 2011 y 2014 probando 5 variedades de quinua en DBCA, con 25 repeticiones evaluó el rendimiento, altura de plantas, altura de panoja, enfermedades como el mildiu, etc., de los 5 variedades, 3 tuvieron un buen comportamiento y alcanzaron los mejores rendimientos de grano y desde el punto de vista económico, las variedades Salcedo INIA y Blanca Junín son los que mejores rindieron y mostraron mejor capacidad de adaptación al cambio climático ambos rindieron 2,757.125 y 2,562.90 Kg/Ha de grano en forma respectiva pero es bueno expresa sus conducciones que indican que la altura de planta y altura de panojes fueron afectados por los factores en estudio, finalmente expresa que el calentamiento global o cambio climático va a remodelar los conceptos en hidrología, el manejo del riego y va a cambiar el ordenamiento territorial del país.

Olivera y Nieto [21], sobre caracterización elemental en granos de quinua llevado a cabo en el Instituto Peruano de Energía Nuclear y la universidad nacional de ingeniería con el objetivo de caracterizar mediante la técnica de fluorescencia de rayos x de energía dispersiva, para los granos de quinua de consumo humano para tal tomaron 8 muestras de quinua de diferentes procedencias y marcas comerciales junto a una muestra de referencia del Organismo Internacional de Energía Atómica y los resultados que presenta es la presencia de elementos químicos como: K, Ca,

Fe, Cu, ZN el Rb y Sr, que fueron comparados con diversos estudios llevados a cabo en la región andina Ecuador, Perú, Bolivia y Chile.

Los resultados indican que la concentración de elementos como Potasio, Calcio, manganeso Hierro, Cobre y Zinc y el más alto es el K, con un 1.0% en masa para una quinoa a granel, para las otras muestras el contenido de potasio decae en 0.8 y 0.6%, en el caso del calcio y hierro los valores más altos lo tiene la quinoa peruana blanca de Junín este es el segundo elemento más abundante con valores de 600 y 1200 mg/Kg son valores muy parecidos a otras variedades chilenas en cambio la quinoa boliviana alcanzó hasta 1,213 mg/Kg de calcio.

1.1.4 Biofortificación agronómica

Después de la Revolución verde en la década del 1960, la agricultura mundial sólo utilizaba fertilizantes NPK, para lograr incrementos importantes en los cultivos que lograrán alimentar a una población mundial cada día más numerosa y para afrontar las hambrunas que aparecieron en los países subdesarrollados de África y América Latina.

Hay microelementos como el Zinc, Hierro, Manganeso, Molibdeno que son muy importantes tanto para las plantas como para mejorar la salud del hombre gran parte de estos nutrientes son muy accesibles para las plantas y por lo tanto se convierten en componentes de la cadena alimenticia; por lo cual, cuando algunos de estos no son fácilmente tomados por las plantas se deben incorporar mediante programas de biofortificación agronómica, que es un método muy sencillo y fácil para aumentar el contenido de los nutrientes en los cultivos alimenticios como maíz, trigo, cebada, camote, quinoa, con estos nutrientes. Esto es muy necesario sobre todo en países poco desarrollados como el Perú con la finalidad de aumentar los rendimientos de los cultivos lo cual es beneficioso para la planta que responde muy bien a esta técnica al aumentar la biodisponibilidad de los nutrientes aportados.

INTAGRI [22], la deficiencia de micronutrientes en el cultivo puede llegar a disminuir significativamente la producción y los rendimientos, así como el aporte nutricional de los alimentos. La biofortificación es más técnica viable para contrarrestar la deficiencia de los micronutrientes en cultivos, mediante técnicas de Fertilización, fitomejoramiento tradicional o biotecnología obteniendo alimentos vegetales enriquecidos con vitaminas y nutrientes de gran importancia para la dieta alimentaria.

La biofortificación es un proceso que consiste en lograr una mayor acumulación de nutrientes minerales en los cultivos (Zn, Fe, I, Cu, Mn, Mo, Si) mediante:

- La investigación agronómica; lo cual consiste en la aplicación de los micronutrientes directamente al suelo a los cultivos, en cantidades mayores a los requeridos por la planta, con el fin de potencializar el rendimiento.
- Intervención genética; cruzamiento de líneas de cultivos con la propensión genética a acumular zinc en las semillas.

Harvest Plus [2], señalan que el cultivo de maíz se ha convertido en el alimento básico de más 1 billón de personas en el África Subsahariana y América Latina, es rico en hidratos de carbono pero carece de micronutrientes esenciales como la vitamina “A”, por otro lado también refiere que el arroz es una de las principales fuentes de proteínas y calorías de la población más pobre de América Latina, pocos esfuerzos se han hecho para mejorar una calidad nutricional es por ello que la biofortificación industrial es una herramienta válida para tratar de mejorar la calidad nutricional de productos de consumo masivo como el arroz.

También menciona que el frijol es un cultivo muy importante en la dieta en África, América Latina y el Caribe, es por eso que, en un estudio de más de 2,000 variedades de frijol para evaluar su contenido de hierro y zinc, encontraron que hay algunas variedades con dos veces más hierro y 40% más de zinc que el frijol común que se consume en América Latina y el Caribe.

Finalmente refieren que el 95% de la cosecha de camote, se cultiva en países en desarrollo y es una gran fuente de beta caroteno, un pigmento natural que el cuerpo lo convierte en vitamina “A” y en cuanto con la yuca que soporta enfermedades, sequías y plagas crecen en suelos marginales y es de consumo por muchas poblaciones del mundo, en ambos se tiene el objetivo de desarrollar variedades con alto contenido de materia seca, beta caroteno, hierro y zinc para mejorar la alimentación de poblaciones vulnerables.

Moreno et. al. [3], refieren que en la actualidad la deficiencia de hierro y zinc en la dieta humana genera problemas de salud en la población, especialmente en los países de menor desarrollo económico; el contenido mineral de los cultivos se ha incrementado mediante el uso de técnicas de biofortificación que es una estrategia potencial para incrementar el contenido de micronutrientes esenciales en la parte comestible y mejorar las características agronómicas de los cultivos ,con ello se espera reducir la desnutrición y mejorar la seguridad alimentaria nutricional, como parte del trabajo de investigación de la academia y los centros de investigación tecnológicos de cada uno de los países en América latina en especial aquellos que se ubican en el trópico húmedo.

Restrepo et. al [4] realizaron el proceso de biofortificación en el cultivo de tomate que es catalogado como un alimento óptimo para fortificar la población que

presentan dos tratamientos, uno con minerales inorgánicos y el otro con minerales aminoquelatados mediante un proceso de biofortificación foliar. Según sus resultados se hallaron diferencias muy significativas entre los tratamientos, encontrándose una mayor concentración de hierro en el tratamiento aminoquelatado 189.53 ppm. en el tratamiento inorgánico la mayor concentración se dio con el zinc con 89.82 ppm, no hubo diferencias en el contenido de zinc entre la biofortificación con el amino quelado y el orgánico. Por lo tanto, sus conclusiones fueron que el contenido de hierro en el fruto de tomate fue mejor el tratamiento del amino quelado por encima del testigo y sobre el sulfato ferroso inorgánico, por lo que sí es posible obtener tomates biofortificados con minerales como el zinc y el hierro amino quelados por una mejor absorción y posibilitando su biodisponibilidad.

Vega et al [5], en el Brasil, llevaron una investigación en la bio fortificación de cultivos con el uso de otro elemento benéfico como es el selenio el cual no es considerado como elemento esencial para las plantas, pero sí lo es en la vida de los seres humanos y los animales y cuando hay fuertes deficiencias, se presentan como trastornos en la salud de las personas tanto enfermedades crónicas y degenerativas. Por todo ello se plantean la biofortificación con el selenio para poder tener a disposición alimentos ricos en este elemento. Esto se puede lograr a través de la bio fortificación agronómica es una buena estrategia para producir alimentos ricos en nutrientes así como con elevados niveles de vitaminas y minerales como el selenio porque éste favorece las funciones fisiológicas y metabólicas de las plantas porque activó sus sistemas antioxidantes, enzimáticos y no enzimáticos con lo que se hacen el paneo a la especie reactivas del oxígeno (ROS) y con eso aumenta su nivel de tolerancia para atenuar el déficit hídrico que es consecuencia del cambio climático en la investigación busca enriquecer la cosecha de granos de quinua con el selenio y se aplicaron varias dosis del selenio con ello lograron incrementar los niveles de selenio en los granos aumentando el intercambio generoso y promover la actividad antioxidante de SOD, CAT y APX.

Benedicto et al. [17], indican que las frutas y verduras frescas siempre han sido fundamentales en la buena nutrición de las personas porque proporcionan fibras, fotoquímicas benéficas para la salud (como vitaminas, compuestos fenológicos) y minerales, por eso ahora y después la biofortificación es una herramienta prometedora para aumentar la concentración de estos compuestos y sabiendo de la gran importancia de los minerales en la salud humana se ha considerado realizar un enriquecimiento esto de los productos frescos para el consumo usando herramientas agronómicas para la biofortificación de vegetales con la finalidad de aumentar la concentración de elementos cruciales como el Hierro (Fe), Zinc (Zn), Yodo (I),

Selenio (Se), Molibdeno y Silicio (Si), en porciones comestibles. Toda vez que la biofortificación agronómica es considerada como una técnica factible pero el enfoque es complejo debido a las muchas intenciones entre la biodisponibilidad de microelementos para las plantas, así como para los consumidores finales cuya salud se mejora bajo la influencia de compuestos beneficiosos y anti nutricionales para analizar las ventajas y desventajas de esta práctica.

Zegarra [18], sobre el proceso de biofortificación edáfica consigue hierro en el cultivo de alfalfa como una alternativa para paliar el hambre y la desnutrición y mejorar el nivel de micronutrientes esenciales en los cultivos alimenticio y forrajeros como es la alfalfa que se le procesó como alimento de animales y que luego culmina como alimento de persona al consumir la carne del ganado vacuno el experimento se condujo en 2 tipos de suelo uno alcalino y el otro ácido el objetivo fue evaluar las características biométricas y la absorción de hierro y zinc por la planta, el hierro se aplicó a 0 – 10 y 20 Kg/Ha y el zinc a 0 – 9 y 18 Kg/Ha, en total se dieron 5 cortes de la alfalfa. El factor de suelo fue determinante en las evaluaciones así tenemos que la absorción de zinc es muy eficiente en suelos ácidos aplicado de 9 y 18 Kg/Ha de zinc, pero es poco eficiente en el caso del hierro que es más benéfico en suelos alcalinos con dosis de 10 y 20 Kg/Ha.

“Acción contra el hambre” [20], refiere que la biofortificación incluye ciertos procesos o métodos para aumentar la cantidad de vitaminas y minerales en las partes comestibles de los cultivos o reducir la cantidad de anti nutrientes para elevar la calidad nutricional de los cultivos alimenticios como puede ser el manejo del código genético para el aporte de nutrientes minerales esenciales; asimismo refiere que hay 3 métodos para la biofortificación de los cultivos:

1. Biofortificación convencional, usa técnicas convencionales como usar nuevas variedades por selección natural para obtener un rasgo genético que deseamos es decir manipular el genoma de la planta dentro de los límites genéticos.
2. Biofortificación agronómica, mediante la fertilización directa del suelo con los minerales que deseamos poner con aplicaciones foliares y al suelo.
3. La biofortificación según las nuevas técnicas de ingeniería genética y para introducir genes deseados en forma directa y con rasgos densos de micronutrientes en un código genético huésped.

Toda esta tecnología es para paliar el hambre y desnutrición de los seres humanos que vivan en países de África, Uganda, Mozambique, Nigeria, Zambia, Ruanda, India, Pakistán y Sudáfrica y los principales cultivos son maíz, yuca, judía común, Mijo perla, trigo y arroz.

Márquez [21], su obra de tópicos selectos de sustentabilidad refiere que la diferencia de hierro y zinc en la dieta humana genera problemas de salud en la población de países de menos desarrollo pero ahora hay técnicas para dar solución sostenible y rentable mediante la biofortificación que es una estrategia potencial para aumentar el contenido de micronutrientes esenciales en la parte comestible de los vegetales como ello se espera reducir la desnutrición y mejorar la seguridad alimentaria y nutricional. Todo eso como parte del trabajo del cuerpo académico de producción agropecuaria en el trópico húmedo clave UJAT – CA – 209, en conjunto con el centro de investigación en alimentación y desarrollo A.C; Unidad Delicias y la Red Académica de Innovación de Alimentos y Agricultura Sustentable- (RAIAAS) – CIESLAG – COECYT.

Food Tech. [22], señala que la biofortificación con hierro de los cultivos básicos es una solución para combatir la deficiencia de micronutrientes en la población global. Esta técnica consiste en desarrollar variedades de cultivos que de forma natural contengan niveles más altos de hierro biodisponible. Es así como los investigadores han identificado genes claves que controlan la absorción de hierro en las plantas y han desarrollado mediante el mejoramiento genético para introducir esos genes en variedades de cultivo de alto rendimiento.

Un ejemplo es de desarrollo de arroz fortificado con hierro conocido como “Golden Rice” que es una variedad de arroz enriquecida con betacaroteno y hierro ha sido muy eficaz para bajar la anemia en las poblaciones deficientes en este mineral en la actualidad hay 2 metodologías más recientes que son:

- Selección genética. – a través del mejoramiento genético, con la cruce de variedades.
- Modificación genética. – que consiste en insertar genes específicos que aumentan la capacidad de la planta para absorber hierro del suelo y almacenarlo en las partes comestibles lo que hace más prometedor cultivos como arroz y trigo.

1.1.5 Sobre el cultivo de quinua

Gómez y Aguilar [2016], señalan que la quinua se cultiva en Sud América en diversas zonas geográficas que van desde el nivel del mar hasta los 4000 m.s.n.m., en zonas con precipitaciones de 0 a 1000 mm, en suelos de diferentes texturas y con un rango de pH que fluctúa entre 4 a 9.

En un rango de temperaturas debajo de cero a más de 30°C. Dentro de estas condiciones variables de clima los estreses más frecuentes son la sequía, las heladas, la salinidad, las plagas y otros factores. Finalmente, la tecnología usada en su cultivo

es bastante variable, desde aquella tradicional hasta aquella moderna altamente tecnificada. Dependiendo de la interacción de estos factores de clima, suelo y tecnología los rendimientos varían de 1 a 7 t/ha.

La quinua es un cultivo rústico y se puede adaptar a todo tipo de suelo pobre o ricos, pero se comporta mejor en terrenos de textura franco limoso, con un buen drenaje natural interno y buena capacidad de retener humedad siendo su pH óptimo entre 6.0 y 8.5 y fácilmente tolera condiciones ácidas o alcalinas también le gusta la materia orgánica del suelo y contenido altos en nitrógeno fósforo y potasio tiene una elevada capacidad de soportar la salinidad de los suelos o el del agua de riego. Este cultivo natural de los andes de América del Sur como Perú Bolivia y Ecuador se siembra en otros países como Chile, Estados Unidos, Canadá, Francia, España, India y Nepal. Castillo [23], señala que la quinua (*Ch. quinoa wild*) es un pseudocereal que pertenece a la familia Chenopodiaceae. La región andina que comprende los países Chile, Argentina, Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia es el centro de origen de muchas variedades de quinua durante miles de años fue el principal alimento de la cultura antigua de la región su grano tiene proteínas de calidad que satisface las necesidades de aminoácidos básicos, balance proteico de alimentos y piensos. Además, también satisface la creciente demanda de alimentos equilibrados y funcionales, relacionados con la búsqueda de alternativas dietéticas como la ausencia de gluten.

La quinua ha recibido mucha atención, tanto que 2013 fue considerado el año internacional de la quinua por la FAO, con el objetivo de hacer que este grano sea aún más popular. La FAO considera la quinua como un posible promotor de la seguridad alimentaria y la radiación de la pobreza, así como una herramienta para combatir la desnutrición y estimular la biodiversidad.

La quinua se origina en las cercanías del lago Titicaca y su cultivo se expandió posteriormente a todos los países andinos el cultivo de la quinua muestra una capacidad extraordinaria para adaptarse a condiciones ecológicas extremas puede crecer desde el nivel del mar hasta casi 4.000 m, soporta temperaturas de 4 °C a casi 40 °C y humedad relativa de 40% a 88%.

La quinua es extremadamente tolerante a la sal capaz de crecer en salinidad por encima del agua de mar, pero notablemente resistente a las heladas y al estrés hídrico. Es una planta muy eficiente en términos de agua que produce rendimientos aceptables con lluvias de 100 a 200 mm, debido a la adaptabilidad y la alta calidad nutricional, hay muchos estudios sobre el sistema de producción de este grano y su adaptación a diferentes condiciones ambientales.

Portal Frutícola [6], reporta que el cultivo de quinoa ha ganado popularidad por su alto valor nutritivo, adaptación y gran resistencia a condiciones adversas abióticas y bióticas siendo un cultivo muy dúctil porque puede crecer en gran variedad de clima de zonas altas muy frías a zonas bajas cálidas siendo el óptimo un clima templado frío y seco siendo las temperaturas ideales son 15 °C y 20 °C aunque tolera temperaturas muy altas de 38° y muy frías de 8°C siendo el periodo más crítico en la floración cuando supera los 30 °C. Señala que la quinua prefiere las condiciones de baja humedad relativa para no verse afectada por el ataque de enfermedades fúngicas, prefiere la radiación solar intensa porque ayuda a sus rendimientos sobre todo cuando hay buena humedad, luminosidad y horas de sol en el periodo fenológico también para la altitud en la que se siembra este cultivo va muy bien desde el nivel del menor hasta los 4,000 m.s.n.m, produciendo mejor entre los 2500 a 3500 m.s.n.m.

La FAO [24], señala que los mayores productores de quinua son Bolivia (45% de la producción mundial en 2011) y Perú (48% de la producción mundial en 2011), pero este grano ya se cultiva en países como Francia, Inglaterra, Suecia, Dinamarca Holanda, Italia, Estados Unidos, Canadá, Kenia e India, con buenos rendimientos Mujica y Jacobsen [25], sostienen que la quinua es un alimento ideal para la nutrición humana debido a que su proteína es de excelente calidad, con un equilibrio de aminoácidos esenciales y porque tiene los ácidos grasos esenciales omega 3, 6 y 9 vitaminas y minerales como calcio y hierro. Señalan que las principales reservas de carbohidratos en los granos de quinua se encuentran localizados en el perisperma, mientras que las de proteínas, minerales y lípidos se encuentren en el endospermo y en el embrión.

Existen muchos estudios y literatura diversa sobre el uso de granos de quinua en formulaciones preparadas para celíacos o para aumentar el valor nutricional de productos como la pasta con la finalidad de incrementar su valor nutricional Borges et al. [28].

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Situación problemática

Tomando como realidad nuestra población rural del país y estado frente a la seguridad alimenticia de los diferentes departamentos del país en especial las regiones de Puno, Cusco, Ayacucho y Huancavelica, todo eso tienen un bajo potencial de desarrollo, con una fuerte dependencia alimentaria al gobierno central, en el poco interés que ponen los gobiernos locales, regionales y nacionales, hay una fuerte tendencia a la deserción escolar con un pobre rendimiento académico hay un bajo desarrollo físico e intelectual de las personas sobre todo de niños y jóvenes, eso

es por la mala calidad de vida mucha desnutrición y alta tasa de mortalidad materna – infantil.

Toda esta inseguridad alimentaria, tiene un gran impacto en la vida de las personas, más allá de su poder adquisitivos, todo eso decimos que tanto el hambre y desnutrición es un caldo de cultivo para los problemas sociales en todas las regiones del país, en las poblaciones infantiles. Por todo eso se plantea en este estudio como parte de propuestas de investigación y desarrollo tecnológico que se trabaje en el campo de los cultivos biofortificados que se convierta en una gran opción para reducir el hambre y aumentar la calidad de vida de nuestros niños, es por eso que hemos trabajado en un cultivo de gran impacto como es la quinua, considerada como un super alimento, siempre y cuando tenga los elementos necesarios para cubrir parte de la dieta alimentaria, sobre todo en su contenido de hierro muy importante para el control de la anemia y el zinc que es otro elemento básico para la salud humana.

1.2.2 Formulación del problema

El cultivo de quinua es ancestral y tiene el origen en nuestro país desde la cultura milenaria precolombina han usado a este cultivo como parte de una dieta de alimentación es por ello que se plantea dar una mayor impulso a su producción y comercialización a los mercados del exterior y en el caso de la variedad nueva la INIA 446 – ATIPAQ tiene ciertas características muy esenciales porque solo requiere de 450 a 520 milímetros de agua de riego para su desarrollo vegetativo, está la hace resistente a la posibles situaciones de sequía o estrés hídrico con un periodo vegetativo de 150 – 160 días y ofrece gramos de buena textura y tamaño.

El problema que se percibe es la escasez de estudios relacionados con la biofortificación de la quinua con diversas alternativas al alcance de la innovación biotecnológica; por lo que se trata de evaluar la adaptación a condiciones de la costa central en la región de Ica y su respuesta al riego por goteo de suelos de clases A1 con la fertilización de productos a base de sulfato de zinc y sulfato ferroso más los quelatos de ambos elementos para lograr el proceso de biofortificación agronómica y mejorar la calidad del grano.

1.2.3 Problema general.

¿Con la aplicación de los micronutrientes zinc y hierro en combinación con ácidos húmicos y fúlvicos se podrá biofortificar el cultivo de quinua Variedad INIA 446- ATIPAQ bajo las condiciones de la zona baja del valle de chincha?.

1.2.4 Problema específico.

- ¿Se podrá mejorar los niveles nutricionales del cultivo de quinua con las aplicaciones de quelatos de zinc y hierro, como parte del manejo agronómico del cultivo de quinua en Chincha?

- ¿Se logrará incrementar la concentración de los micronutrientes hierro y zinc en forma de sales minerales como sulfatos a nivel de hoja y granos en el cultivo de quinua variedad INIA -ATIPAQ -446?
- ¿Se podrá mejorar los valores del hierro y zinc tanto en follaje como en grano en el cultivo de quinua variedad INIA -ATIPAQ -446, con las aplicaciones de los sulfatos de hierro y zinc en combinación con los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos a través del proceso de quelatación con ambos productos?

1.3 Justificación e Importancia de la Investigación

1.3.1 Justificación.

Siendo nuestro país el principal exportador y productos mundial de quinua comprende 65,280 hectáreas de cultivo y con una producción de 89,775 toneladas, conforme a registros del 2019, las regiones más productoras de quinua son Puno (44%), Ayacucho (17.6%, Apurímac (12%), Arequipa (9.4%) y otros departamentos. Pero en Ica a pesar de no figurar en las estadísticas agrarias se siembra en el año 2014 algunas áreas en los Fundos de Villacurí, con producciones superiores al promedio nacional es por lo que planteamos su siembra en costa, pero a través de un proceso de biofortificación agronómica planteamos incrementar la calidad nutracéutica de la quinua con una suplementación mineral a base de sales fertilizantes de Fe y Zn.

1.3.2 Importancia.

Sobre la importancia del cultivo de quinua no hay discusión, lo mismo se puede indicar sobre la producción, comercialización y consumo de cultivos biofortificados que debe ser una práctica a nivel del país en especial en las regiones donde los problemas de pobreza asechan a niños y personas más vulnerables que mayormente se encuentra en las zonas de la sierra, centro sur, que tienen bajas tasas de alimentación por sus bajos recursos económicos, siendo zonas donde se podría atender de mejor manera la seguridad alimentaria.

En el Perú, por ejemplo, cada peruano consume diariamente en promedio 129 gramos de arroz, 75 gramos de maíz, 67 gramos de yuca, 13 gramos de camote y 4 gramos de frijol, si se lograra biofortificar y mejorar otros cultivos como la quinua y a través de una campaña de divulgación podríamos incrementar el consumo de ellos productos alimenticios biofortificados para reducir los niveles de anemia y aumentar los contenidos de vitamina “A” y niveles de zinc en nuestra dieta alimentación; por todo eso se planteó esta investigación y si hemos encontrado algunos resultados prometedores para futuros trabajos evaluar con esta tendencia en nuestro país.

1.4 Objetivo de la Investigación

1.4.1 Objetivo general.

Evaluar el efecto de la aplicación de hierro y zinc para la biofortificación del cultivo de quinua Var.: INIA – 446 – ATIPAQ, en condiciones de la costa central bajo riego por goteo.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Evaluar el efecto de la aplicación de los sulfatos de hierro y zinc en el rendimiento de grano de quinua.
- Evaluar el efecto de la aplicación de quelatos de hierro y zinc en las características morfoagronómicas del cultivo de quinua en la provincia de Chíncha.
- Determinar la influencia de aplicación de los sulfatos de hierro y zinc combinados con los ácidos húmicos y fúlvicos y su relación con los rendimientos de grano en el cultivo de quinua.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general.

Usando herramientas agronómicas de nutrición mineral a base de micronutrientes ricos en hierro y zinc se espera incrementar el rendimiento y calidad de los granos de quinua en condiciones de costa.

1.5.2 Hipótesis específicas.

- Con el uso de fertilizantes químicos con hierro y zinc, como sales minerales y quelatados se espera incrementar la calidad de los granos de la quinua lográndose su biofortificación.
- Con el uso individual y combinado de los micronutrientes hierro y zinc, se espera aumentar las producciones de quinua en condiciones de costa, bajo riego por goteo.
- La aplicación de los sulfatos de hierro y zinc combinados con los ácidos húmicos y fúlvicos influye en los rendimientos de grano en el cultivo de quinua.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1 MATERIALES

2.1.1 Ubicación del campo experimental.

El presente estudio de investigación se llevó a cabo en el periodo de campo en los terrenos de la estación experimental agraria INIA – Chíncha que corresponde al distrito de Chíncha baja, provincia de Chíncha, departamento de Ica ubicada a la altura del kilómetro 200.5 de la carretera panamericana sur, en un suelo de textura media de buena fertilidad química.

2.1.2 Material biológico.

Las semillas que se usaron para el experimento fue quinua de la variedad INIA – 446 – ATIPAQ que fue desarrollado por el ministerio de desarrollo agrario y riego (MIDAGRI) a través del INIA. Tiene una alta calidad y capacidad de rendimiento puede producir de 3 – 4 Ton/Ha y es muy tolerante a plagas y enfermedades como el mildiu y solo requiere de 450 a 520 mm de agua para su ciclo vegetativo tiene una altura promedio de 1.18 a 1.27 metros, con tallo de color verde y panoja con densidad media se desarrolló en la estación experimental agraria ILLPA la región Puno. Tiene genes de 17 líneas genéticas que proceden de las regiones productoras de Puno y Huancayo

2.1.3 Análisis de suelo.

Para tener una idea de las características del suelo donde se llevó a cabo la investigación presentamos los resultados del análisis físico mecánico y químico que fueron realizados en el laboratorio de análisis de suelo plantas agua y fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional “La Agraria” de La Molina, en las tablas siguientes:

TABLA 1
ANÁLISIS FÍSICO – MECÁNICO DEL SUELO EXPERIMENTAL

Determinación	Suelo 0 – 30 cm.	Método empleado
Arena (%)	49.40	Hidrómetro
Limo (%)	23.20	Hidrómetro
Arcilla (%)	27.40	Hidrómetro
Textura	Franco	Triangulo textural

Nota: Lab. Suelos – Plantas – Aguas. UNA “La Molina”.

El suelo es una textura ligeramente pesada porque es un Franco Arcillo - Arenoso muy retentivo de humedad, son suelos planos profundos de mediana calidad física.

TABLA 2
ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS - CARACTERIZACIÓN

Determinación	Suelo 0 – 30 cm.	Método empleado	Interpretación
pH	7.33	Potenciómetro	Lig. Alcalino
C.E. dS/m (1.1)	2.02	Conductímetros	Lig. Salino
CaCO ₃	1.97	Gasó volumétrico	Medio
M.O	1.60	Walkley y Black	Bajo
P (ppm)	110.2	Olsen	Excesivo
K (ppm)	1,600.0	Peach	Excesivo
CIC (C. moles/Kg)	15.0	Ac. Amonio pH 7	Alto
Ca ⁺⁺	9.50		Medio
Mg ⁺⁺	3.21	Espectrofotómetro de absorción atómica	Alto
Na ⁺	0.33		Bajo
K ⁺	1.96		Medio
SUMA BASES	15.00	Sumatoria	100%

Nota: Laboratorio de Suelos – Plantas – Aguas. UNA “La Molina”.

El suelo es de una alta fertilidad química con un pH ligeramente alcalino y salino con altos contenidos de fósforo y potasio disponible pero bajos en materia orgánica y medio en carbonatos de calcio en general es un suelo de muy buena calidad agrícola.

2.1.4 Análisis del agua de riego.

Se tomarán las muestras del agua de riego en envases limpios y transparentes en frascos de plástico sin uso para hacer luego enviadas al laboratorio de análisis suelo agua y planta de la Facultad de Agronomía de la UNA - La Molina.

TABLA 3
ANÁLISIS DE AGUA DE RIEGO – POZO INIA – CHINCHA.

Determinación	Valor	Interpretación
pH	7.63	Lig. Alcalina
C.E (dS/m)	0.97	Salinidad Alta
Calcio meq/L	4.42	--
Magnesio meq/L	1.31	--
Potasio meq/L	0.09	--
Sodio meq/L	4.49	--
Suma Cationes	10.32	--

Nitratos meq/L	0.07	--
Carbonatos meq/L	0.00	--
Bicarbonatos meq/L	3.41	--
Sulfatos meq/L	2.41	--
Cloruro meq/L	3.54	--
Suma Aniones	9.43	--
Sodio (%)	43.51	--
RAS	2.65	Bajo
Boro (ppm)	0.18	Bajo
Clasificación	C₃Si	Mediana calidad

Las aguas se clasifican como de alta salinidad, pero para nuestras condiciones de suelo y clima, no hay ningún efecto negativo sobre el suelo ni sobre la planta, toda vez que la quinua es muy tolerante a la salinidad y ese nivel no le afecta en nada.

TABLA 4
OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS DE MARZO A AGOSTO 2024

Meses	Temperaturas °C (mensual)			Horas de sol (unidad)		Humedad relativa (%)
	Máxima	Media	Mínima	Diaria	Mensual	Mensual
Marzo	28.5	24.7	21.0	6.11	189.5	85.00
Abril	26.6	22.8	19.1	7.16	214.8	85.00
Mayo	21.6	18.8	16.0	3.35	104.1	89.00
Junio	19.4	16.9	14.4	0.71	21.4	89.00
Julio	19.8	16.6	13.4	1.24	38.5	89.00
Agosto	19.9	16.3	12.7	1.85	57.4	86.00

Nota: Datos proporcionados por la Estación meteorológica FONAGRO CHINCHA– SENAMHICA

Latitud Sur : 13° 27' 28.1"
 Longitud Oeste : 76° 8' 3.3"
 Altitud : 71 msnm.

2.1.5 Tratamiento en estudio.

Los tratamientos estuvieron conformados por 10 tratamientos a base de fuentes de micronutrientes a base hierro y zinc en combinación con materias orgánicas líquidas como son los ácidos húmicos y fúlvicos combinados con el sulfato ferroso y sulfato de zinc, y quelatos de ambos elementos en 4 repeticiones haciendo un total de 40 unidades experimentales.

TABLA 5
TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Clave	Tratamientos	<u>Dosis</u>
1	Sulfato Ferroso	20 kg/ha
2	Sulfato de Zinc.	40 kg/ha
3	Sulfato Ferroso + Sulfato de Zinc.	20 – 40 kg/ha
4	Ultra Ferro	7 kg/ha
5	Zintrac	3L/ha
6	Ultra ferro + Zintrac	7 kg/ha - 3L/ha
7	Sulfato Ferroso + Acido Fulvico	20 kg/ha -30L/ha
8	Sulfato Zinc + Acido Fúlvico	40 kg/ha -30L/ha
9	Sulfato Ferroso + Acido Húmico	20 kg/ha-50L/ha
10	Sulfato de Zinc + Acido Húmico	40 kg/ha-50L/ha

2.1.6 Tipo, nivel y diseño de la investigación

a) Tipo de investigación

El Presente estudio se trata de una investigación de tipo aplicativo cuantitativo.

b) Nivel de investigación

Es un diseño de nivel experimental y correlacional

c) Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación busca establecer relaciones de causa y efecto entre variables mediante la manipulación de la variable independiente y la observación de su efecto en la variable dependiente, mientras se controlan otros factores. Este diseño se caracteriza por la rigurosidad en el control de variables extrañas y la aleatorización en la asignación de participantes a grupos.

2.2 Población y muestra

2.2.1 Población de estudio.

La población fue conformada por el total de plantas que se sembraron en las 40 parcelas teniendo en cuenta que las parcelas tuvieron una población de 300 plantas si el plantel en 100% en los 3 surcos que distanciados a 0.90 m. entre surcos con golpes cada 20 y en cada golpe teníamos 3 plantas, con una población de 12,000 plantas.

2.2.2 Muestra del estudio.

La población de la muestra de estudio estuvo conformada por las plantas de los 2 surcos centrales que correspondieron a una población total de plantas que se encontraban en 5 m lineales de dos surcos centrales por cada tratamiento, ello equivalió a tener 6,000 plantas para evaluación en 10 m².

2.3 Características del campo experimental

a) Dimensiones generales

Largo.....	36.0 m
Ancho	25.0 m
Área total	900.0 m ²
Calles	180.0 m ²
Área neta.....	720.0 m ²

b) Parcelas

- Largo de Parcela..... 5 m.
- Ancho de parcela..... 3.6 m
- Área de parcela.....18.0 m²
- Número de parcela..... 40

c) Calles

- Numero de calles
- Largo de calle..... 36.0 m.
- Ancho de calle..... 1.0 m.
- Área de tota de calles..... 180 m².
- Numero de surcos/parcela..... 4.0
- Largo de surco..... 0.90 m.
- Distancia entre plantas..... 0.20 m.
- Número de plantas por golpe..... 3.0

d) Bloques

- Largo de campo..... 36.0 m.
- Ancho de campo..... 25.0 m.
- Área total..... 900.0 m²
- Área neta..... 170 m²

Croquis experimental.

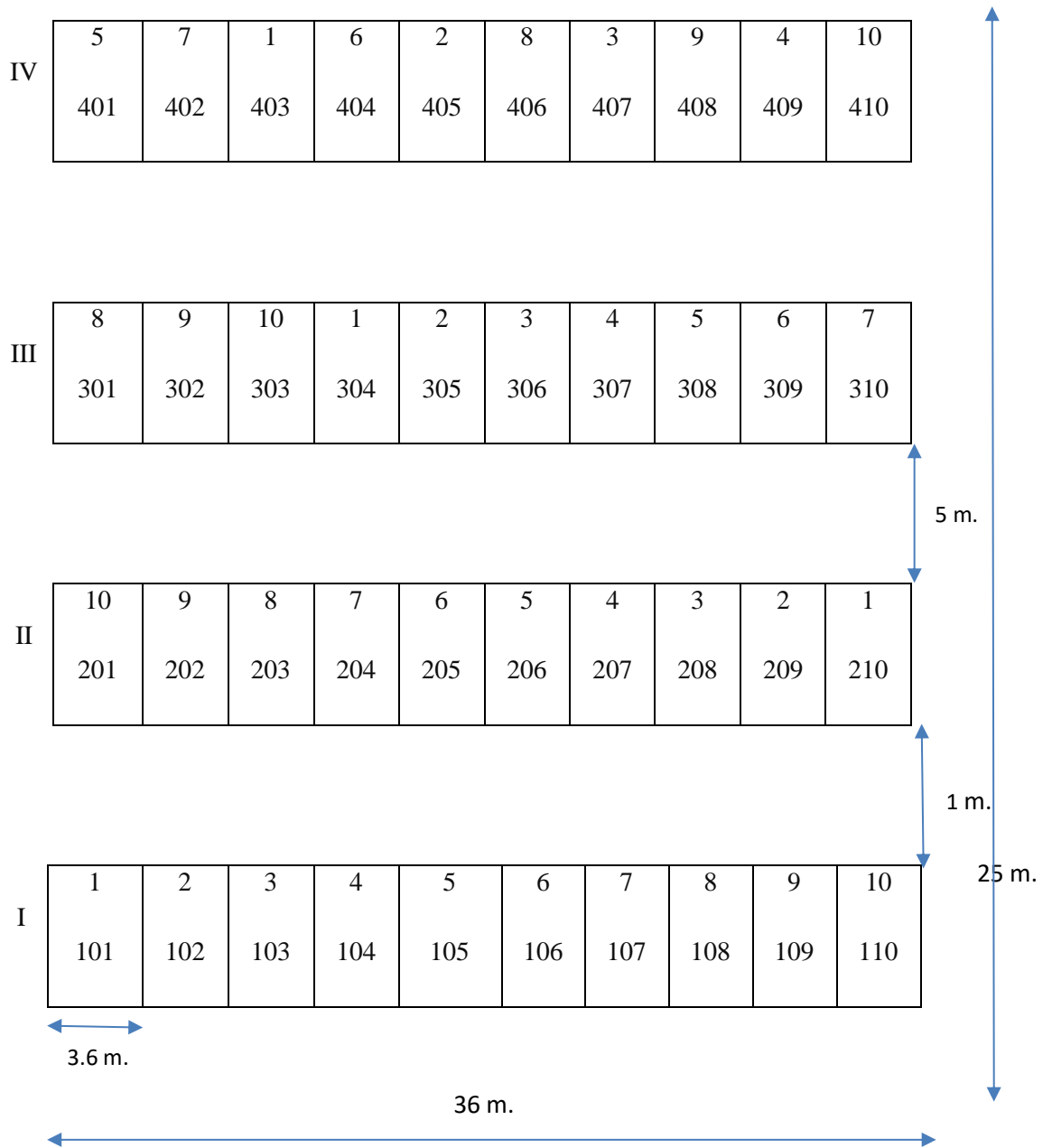


Fig. 1: Distribución de los tratamientos en el croquis experimental

2.4 Diseño de la investigación

En este experimento se usó el diseño de bloques completos al azar con 10 tratamientos a base de los microelementos hierro y zinc en 4 repeticiones lo que hace un total de 40 unidades experimentales.

Se usó el siguiente modelo adictivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = La respuesta vista en el tratamiento y repetición.

μ = Es la media general

α_i = Es el efecto del tratamiento

B_j = Efecto de la repetición o bloque

E_{ij} = Efecto del error experimental

2.5 Conducción del experimento

- **Preparación del terreno.** - Primero se realizó una limpieza de campo nivelando y eliminando todas las malezas, después de lo cual se procedió a colocar las cintas de riego y dar un riego de machaco de 3 horas. para que el suelo pueda reabrir a la semilla de quinua previamente desinfectada.
- **Siembra.** - La siembra se realizó el 02/03/2024 para ello se hizo un rayado de la línea de plantas muy superficial de apenas 3 cm de profundidad para colocar las semillas a chorro continuo y tapar a mano las mismas y luego se colocaron las cintas de riego a una distancia de 5 cm para esperar el proceso de germinación y emergencia de plantas lo cual empezó a producirse a los 5 días
- **Aporque.** - Una vez que las plantas tuvieron 30 cm de altura. se llevó a cabo el aporque con la lampa para dar una mayor estabilidad a las plantas aprovechando esta labor se llevó a cabo la fertilización NPK del cultivo más los tratamientos ensayados el aporque fue hecho el 05/04/2024.
- **Fertilización.** - Esta labor se hizo en simultáneo con el aporque colocando el fertilizante en chorro continuo se usó un fertilizante triple 20 – 20 – 20 usando una cantidad de 500 kg por hectárea lo que nos dio una formula como la de 100 N –100 P₂O₅ y 100 K₂O, conjuntamente con algunos de los tratamientos, se realizó en simultaneo con el aporque aprovechando esta labor y después se volvió a colocar la cinta de riego para su respectivo riego.
- **Riegos.** - Los riegos fueron realizados por el sistema de riego por goteo (ver anexos) en el primer mes se rego en forma semanal y después se vino realizando dos veces por semana hasta la finalización del llenado de grano y un mes antes de cosecha se volvió a regar una vez por semana.
- **Control fitosanitario.** - Esta labor se hizo en diferentes momentos para el control de plagas y enfermedades en forma preventiva, toda vez que siendo el terreno la primera vez que se siembra la quinua y no tener campos de cultivo aledaño, no se presenta muchas plagas, se realizaron evaluaciones para poder determinar la población de larvas ,especialmente de gusano de tierra y gusanos comedor de follaje y en cuanto a enfermedades se hicieron aplicaciones preventivas de agroquímicos ,en inicio para la

chupadera fungosa causada por *Rhizoctonia*, *fusarium* y *phytophthora*. Las aplicaciones para el manejo fitosanitario del cultivo se hicieron con mochila palanca de 20 litros, en horas tempranas aprovechando temperaturas frescas, cuando el follaje está totalmente receptivo. El agua que utilizamos fue agua del pozo del INIA -Chincha.

TABLA 6
CRONOGRAMA DE RIEGOS

Meses	Tiempo de riego (horas/semana)	Caudal (m ³ /hora)	Mensual (m ³ /ha)
Marzo	2	44	352
Abril	4	44	704
Mayo	4	44	704
junio	4	44	1056
Julio	4	44	704
Agosto	4	44	704
Total			4224 m³/ha

TABLA 7
CONTROL FITOSANITARIO

Fecha	Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis	Objeto de control
17 de Marzo	TIFÓN 2.5PS	Chlorpyrifos	7 Kg/ha	<i>Agrotis ipsilon</i> (gusano de tierra) <i>Elasmopalpus lignosellus</i> (gusano picador)
	Benzomil500	Benomyl	7 Kg/ha	<i>Rhizoctonia solani</i> (Chupadera fungosa)
15 de Abril	BioSpore 6.4%PM	<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	250g/cil	<i>Spodoptera frugiperda</i> (gusano de hojas)
17 de Abril	Remezón	Cyazofamid+ Cymoxanil	200cc/cil	Mildiu (<i>Peronospora farinosa</i>)
26 de Abril	Bio-Splent 70WP	<i>Bacillus subtilis</i>	500 g/cil	Mildiu (<i>Peronospora farinosa</i>)
01 de Mayo	BioSpore 6.4%PM	<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	250 g/cil	<i>Spodoptera frugiperda</i> (gusano de hojas)
14 de Mayo	BioSpore 6.4%PM	<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	250 g/cil	<i>Spodoptera frugiperda</i> (gusano de hojas)
28 de Mayo	BioSpore 6.4%PM	<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	250 g/cil	<i>Spodoptera frugiperda</i> (gusano de hojas)

Cosecha y trilla. –

La cosecha se realizó en agosto cuando las plantas estaban bien secas, cortando las panojas y colocándolas en mantas de plástico para llevarlos al secado final de 2 semanas en la era, que está protegida con mallas para evitar el ingreso de aves y en donde se realizó luego el trillado para evaluar los rendimientos finales de las cosechas.

Para el trillado se utilizó un palo para golpear las panojas y lograr que se desprendan los granos sobre las mantas de plástico y luego se venteo para eliminar residuos de hojas o todo material vegetal no deseado. después se recogió todo el grano y se pesó en balanzas para sacar los promedios por parcela y por hectárea en cada unidad experimental.

2.6 Variables evaluadas

- **Altura de planta (m)**

Esta determinación se llevó a cabo en el mes de agosto cuando las plantas completaron su ciclo de crecimiento y formación compuesta de panojas, se procedió a medir con una wincha graduada desde la base del tallo hasta la parte apical de la panoja y se realizó la medida en 10 plantas de cada surco para lograr un promedio aritmético.

- **Longitud de panojas (cm)**

Esta evaluación se llevó a cabo con una wincha para tomar las medidas de 10 panojas de cada parcela y experimental y luego obtener un promedio ponderado, se realizó una semana antes de realizar la cosecha de las panojas.

- **Peso de panoja (g)**

Esta determinación se hizo tomando 10 panojas de cada parcela en la era y luego se pesaron en una balanza electrónica, se logró obtener la media aritmética cuando las panojas estaban listas para el trillado de los granos.

- **Rendimiento total de grano en Kg/Parcela y Kg/Ha.**

Como evaluación final del proceso de trilla donde se pesaron todos los granos que salió de la panoja de cada parcela y después se pesaron en una balanza electrónica, finalizando el proceso de trillado esto se hizo en las 40 parcelas o unidades experimentales.

- **Análisis foliar de hojas para determinar contenido de Hierro y Zinc**

Para realizar los análisis foliares de hojas en cada uno de los tratamientos ensayados se procedió a la recolección de las hojas completas de cada parcela, en el estado fenológico de cuaja y formación de la panoja. para ello se recolectaron hojas del tercio medio de las plantas en una cantidad aproximada de 1 kg de hojas frescas luego se lavaron en agua con un poco de detergente, después se enjuagaron se pusieron a secar en estufa a 70 °C x 48 horas hasta peso constante y después se enviaron a la ciudad de Lima al

laboratorio de análisis suelo agua planta de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina para los análisis respectivos de Hierro Zinc del follaje.

- **Análisis químicos de granos de Quinoa para Hierro y Zinc**

De manera similar al proceso de muestreo secado de hojas para los granos de quinoa que son motivo importante en la cosecha de este cultivo se procedió a muestrear cada tratamiento, obteniendo una muestra representativa de 400gr el cual después de secado en estufa se colocó en bolsa de papel Kraft con un peso de 400 gr que es lo que requiere el laboratorio para realizar los análisis de los microelementos hierro y zinc ,motivo del estudio de investigación con motivo del proceso de biofortificación de cultivo .cada muestra se etiqueto con los datos correspondiente para luego ser enviadas al laboratorio de análisis de suelo agua y plantas de la facultad de agronomía de la universidad agraria la molina ,lugar donde se realizaron los análisis correspondiente utilizando la técnica de la absorción atómica de las muestras analizadas para cada tratamiento después dicho reporte se nos envió vía correo a los interesados .

2.7 Técnicas de recolección de datos

Los datos de las evaluaciones realizadas, fueron organizados y sistematizados para ser procesados y analizados según el Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA).

Se realizó en Análisis de varianza (ANVA) de cada una de las variables evaluadas, utilizando el software estadístico InfoStat versión 2022 para encontrar la significación estadística entre las fuentes de variación, a través de la prueba de significación de “F” a los niveles 0.05 y 0.01 de probabilidad.

Para la comparación de promedios de las variables en estudio, se utilizó la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, al nivel 0.05 de probabilidad y se establecieron los grupos homogéneos, así como el orden de mérito relativo. Se obtuvo también la desviación estándar, el coeficiente de variación y los promedios respectivos de cada variable evaluada.

III. RESULTADOS

3.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Los análisis estadísticos que se han realizado en el presente estudio se hicieron utilizando el software estadístico Infostat/E versión 2020.

TABLA 8

ANALISIS DE VARIANZA DE LA ALTURA DE PLANTA EN EL EFECTO DE LOS MICRONUTRIENTES ZINC Y HIERRO PARA BIOFORTIFICACIÓN DEL CULTIVO DE QUINUA INIA 446-ATIPAQ PARA REGIÓN COSTA – CHINCHA. 2024.

Fuentes de Variación	G. L.	S. C	C. M.	SIG.	Razón-F	Valor-P
Total	39	0.13	--	--	--	--
Repeticiones	3	6.50	2,200	NS	0,05	0,9836
Tratamientos	9	0.02	1.9	NS	0,46	0,8863
Error corregido	27	0.11	4.1	--	--	--
Promedio general = 1,926 m			C.V. (%) = 3,32		Desv. Estándar=0,06	

NS: No existen diferencias significativas.

TABLA 9

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN ($\alpha=0.05$) PARA LA ALTURA DE PLANTA EN EL EFECTO DE LOS MICRONUTRIENTES ZINC Y HIERRO PARA BIOFORTIFICACIÓN DEL CULTIVO DE QUINUA INIA 446-ATIPAQ PARA REGIÓN COSTA – CHINCHA. 2024.

Clave	Tratamientos	Dosis	Altura (m)	DUNCAN (0.05)	O. M. R
5	Zintrac	3 L	1,95	a	--
7	Sulfato Ferroso + Acido Fúlvico	20 Kg/ha - 30L/ha	1,94	a	--
8	Sulfato Zinc + Acido Fúlvico	40Kg/ha - 30 L/ha	1,94	a	--
9	Sulfato Ferroso + Acido Húmico	20 Kg/ha - 50L/ha	1,94	a	--
4	Ultra Ferro	7 Kg/ha	1,94	a	--
2	Sulfato de Zinc	40 Kg/ha	1.93	a	--
10	Sulfato de Zinc + Acido Húmico	40 Kg/ha - 50L/ha	1.92	a	--
3	Sulfato Ferroso + Sulfato de Zinc	20 Kg/ha - 40Kg/ha	1,92	a	--
6	Ultra ferro + Zintrac	7 Kg/ha - 3L/ha	1,91	a	--
1	Sulfato Ferroso	20 Kg/ha	1,88	a	--

Nota: Medidas con letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

TABLA 10

ANALISIS DE VARIANZA DE LA LONGITUD DE PANOJA EN EL EFECTO DE LOS MICRONUTRIENTES ZINC Y HIERRO PARA BIOFORTIFICACIÓN DEL CULTIVO DE QUINUA INIA 446-ATIPAQ PARA REGIÓN COSTA – CHINCHA. 2024.

Fuentes de Variación	G. L.	S. C	C. M.	SIG.	Razón-F	Valor-P
Total	39	376,40	--	--	--	--
Repeticiones	3	16,40	5,47	NS	0,54	0,6593
Tratamientos	9	86,40	9,60	NS	0,95	0,5023
Error corregido	27	273,60	10,13	--	--	--
Promedio general = 59,2 cm		C.V. (%) = 5,38		Desv. Estándar= 3,0		

NS: No existen diferencias significativas.

TABLA 11

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN ($\alpha=0.05$) PARA LA LONGITUD DE PANOJA EN EL EFECTO DE LOS MICRONUTRIENTES ZINC Y HIERRO PARA BIOFORTIFICACIÓN DEL CULTIVO DE QUINUA INIA 446-ATIPAQ PARA REGIÓN COSTA – CHINCHA. 2024.

Clave Numero	Longitud Panoja (cm)	DUNCAN (0.05)	O. M. R
9	61,25	a	--
10	61,00	a	--
7	60,00	a	--
3	60,00	a	--
2	60,00	a	--
5	59,00	a	--
4	58,50	a	--
8	58,25	a	--
6	57,75	a	--
1	56,25	a	--

Medidas con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

TABLA 12
ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO DE PANOJA EN EL EFECTO DE LOS MICRONUTRIENTES ZINC Y HIERRO PARA BIOFORTIFICACIÓN DEL CULTIVO DE QUINUA INIA 446-ATIPAQ PARA REGIÓN COSTA – CHINCHA. 2024.

Fuentes de Variación	G. L.	S. C	C. M.	SIG.	Razón-F	Valor-P
Total	39	490,40	--	--	--	--
Repeticiones	3	172,20	57,40	**	7,30	0,0010
Tratamientos	9	105,90	11,77	**	1,50	0,1995
Error corregido	27	212,30	7,86	--	--	--
Promedio general	49,8					
C. V. (%)	5,63					
Desviación Estándar	4,0					

* Diferencias significativas con 95% de confianza.

** Diferencias altamente significativas con 99% de confianza.

NS: No existen diferencias significativas.

TABLA 13
PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN ($\alpha=0.05$) PARA EL PESO DE PANOJA EN EL EFECTO DE LOS MICRONUTRIENTES ZINC Y HIERRO PARA BIOFORTIFICACIÓN DEL CULTIVO DE QUINUA INIA 446-ATIPAQ PARA REGIÓN COSTA – CHINCHA. 2024.

Clave Numero	Peso de Panoja (g)	DUNCAN (0.05)	O. M. R
9	52,25	a	--
10	51,75	a	--
5	51,25	a	--
3	50,00	a	--
4	50,00	a	--
6	49,75	a	--
8	49,50	a	--
7	48,75	a	--
1	48,25	a	--
2	46,50	a	--

Medidas con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

TABLA 14

ANALISIS DE VARIANZA DEL PESO DE GRANOS EN 12 METROS LINEALES DE PLANTAS DE QUINUA, EN EL EFECTO DE LOS MICRONUTRIENTES ZINC Y HIERRO PARA BIOFORTIFICACIÓN DEL CULTIVO DE QUINUA INIA 446-ATIPAQ PARA REGIÓN COSTA – CHINCHA. 2024.

Fuentes de Variación	G. L.	S. C	C. M.	SIG.	Razón-F	Valor-P
Total	39	23,81	--	--	--	--
Repeticiones	3	8,47	2,82	**	21,59	0,0001
Tratamientos	9	11,80	1,31	**	10,02	0,0001
Error corregido	27	3,53	0,13	--	--	--
Promedio general	3,43					
C. V. (%)	10,55					
Desviación Estándar	0,78					

* Diferencias significativas con 95% de confianza.

** Diferencias altamente significativas con 99% de confianza.

NS: No existen diferencias significativas

TABLA 15

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN ($\alpha=0.05$) PARA EL PESO(KG) DE GRANOS EN 12 METROS LINEALES DE PLANTA DE QUINUA EN EL EFECTO DE LOS MICRONUTRIENTES ZINC Y HIERRO PARA BIOFORTIFICACIÓN DEL CULTIVO DE QUINUA INIA 446-ATIPAQ PARA REGIÓN COSTA – CHINCHA. 2024.

Clave Numero	Peso de grano/Parcela 10 m ²	DUNCAN (0.05)	O. M. R	Kg/Ha
10	4,35	a	1°	4,350
1	4,04	a b	1°	4,040
8	4,04	a b	1°	4,040
3	3,68	b c	2°	3,680
2	3,43	c d	3°	3,430
6	3,19	c d e	3°	3,190
9	3,08	d e	4°	3,080
5	2,98	d e	4°	2,980
4	2,82	e	5°	2,820
7	2,70	e	5°	2,700

Medidas con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

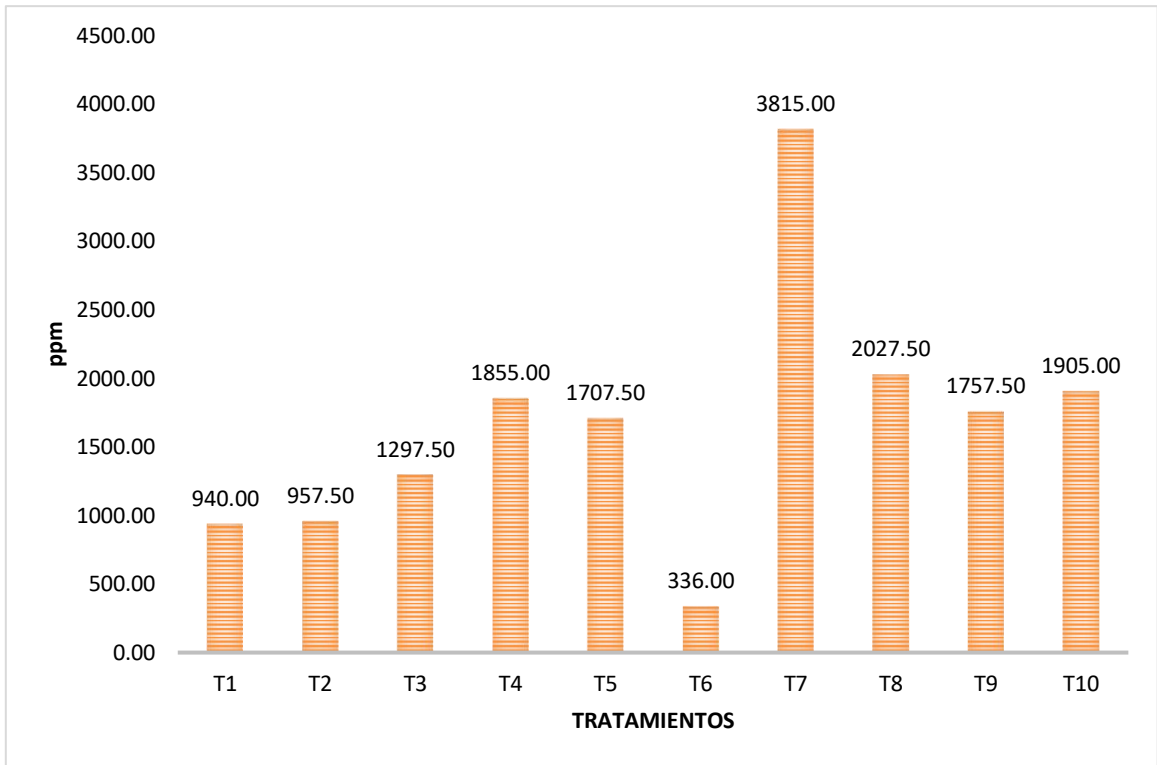


Fig. 2: Concentración de Hierro (ppm) en los tratamientos en las hojas de Quinua.

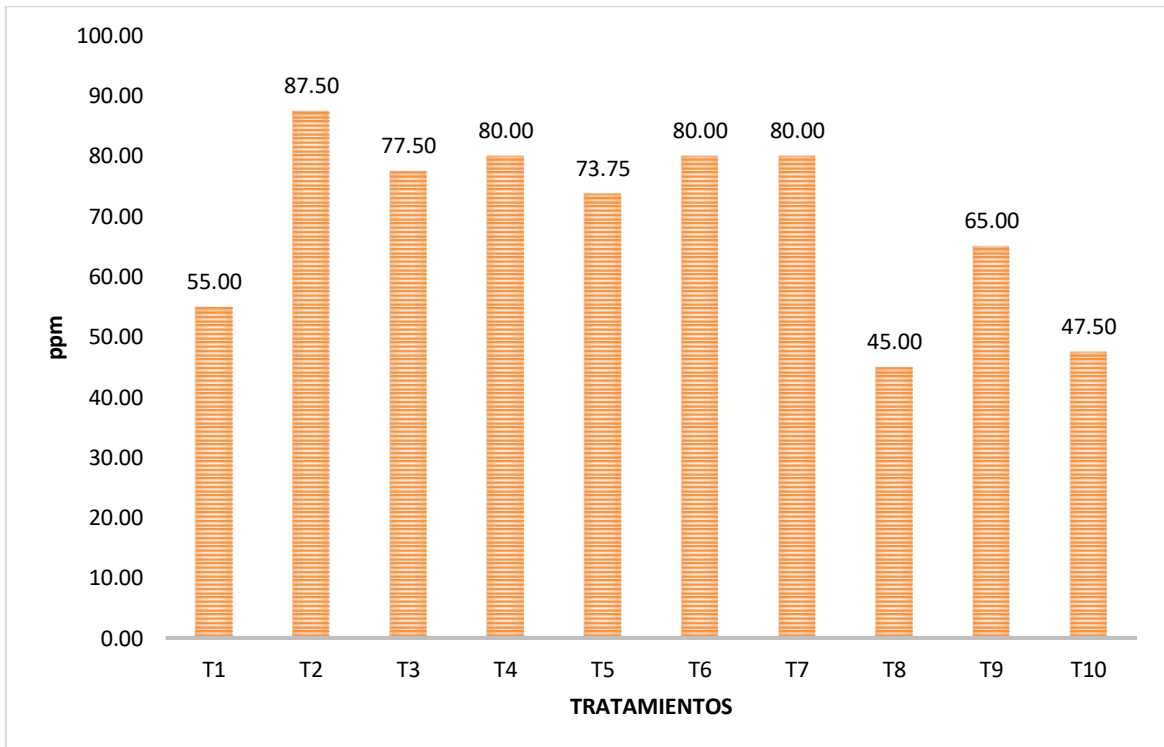


Fig. 3: Concentración de Zinc (ppm) en los tratamientos en las hojas de Quinua.

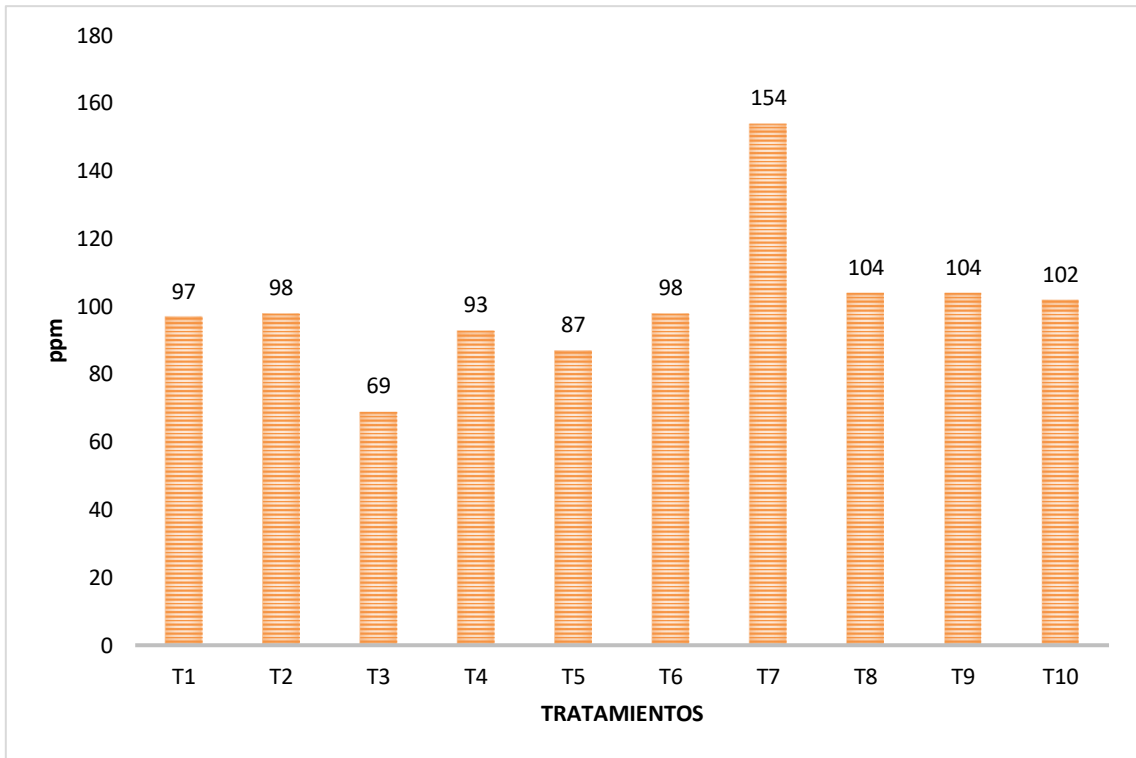


Fig. 4: Concentración de Hierro (ppm) en los tratamientos en granos de Quinoa.

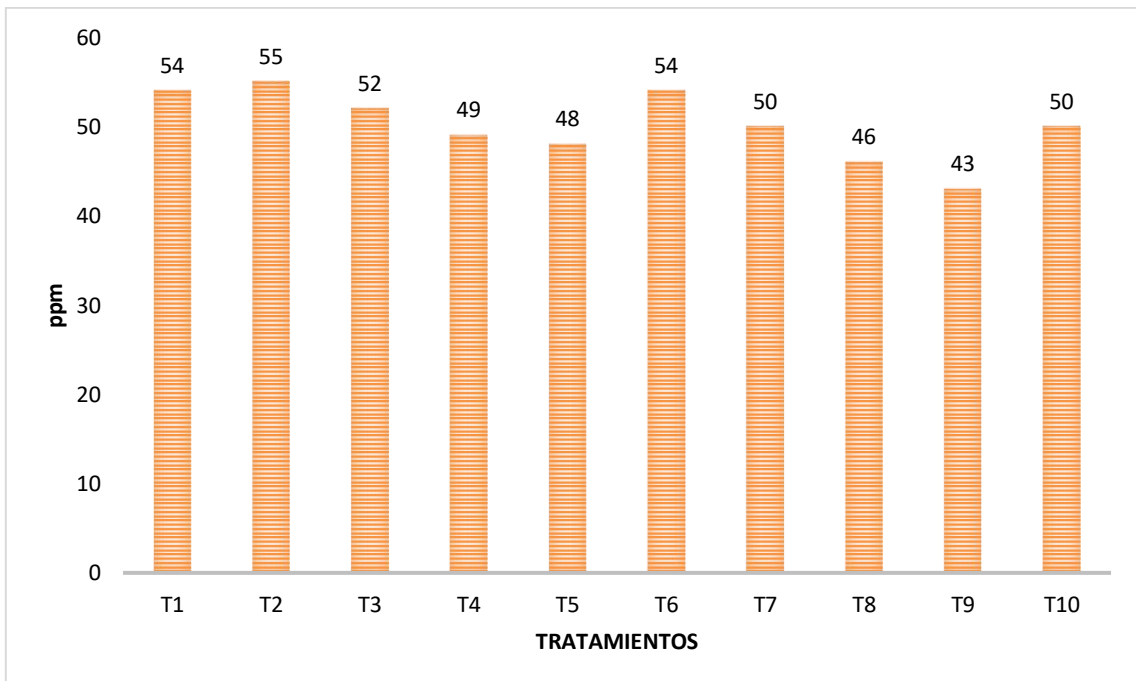


Fig. 5: Concentración de Zinc (ppm) en los tratamientos en granos de Quinoa.

IV. DISCUSIÓN

4.1 Características del campo experimental

El terreno donde se llevó a cabo el presente estudio es de origen aluvial ubicado en la zona baja del valle de Chíncha, distrito de Chíncha baja, departamento de Ica, conducido en un suelo con una textura muy peculiar porque es un Franco-Arcillo-Arenoso, muy retentivo de humedad típico de valle costero, con una reacción ligeramente alcalina y salinidad muy tenue, con calcáreo medio pero bajo en materia orgánica, según el método de Walkley y Black mientras que para el calcáreo se usa el método gasovolumétrico usando un calcímetro. Para medir el pH se usó un peachimetro y para las sales del suelo se tomó un extracto acuoso y se usó un conductímetro de mesa de mayor precisión que los aparatos manuales de uso de campo para el nivel de fósforo y potasio podemos decir que tiene valores muy elevados o ricos, para el primero se usó con un método de Olsen modificado, usando el bicarbonato de sodio a 0.5 M. En cambio el potasio tiene como extractor el acetato de amonio de pH 7.0, la CIC Capacidad de Intercambio Catiónico se considera como de mediana a alta fertilidad química porque se encuentra en el umbral de ambos para su determinación se hizo usando el acetato de amonio de pH 7.0 y observando la distribución de cationes cambiabiles tenemos el calcio es el elemento más abundante seguido del magnesio y tanto el sodio como el potasio son más bajos por ello podemos decir que el calcio está en contenidos medios con sólo un 63% en el complejo de cambio. Así también se puede decir que el magnesio está en un contenido un poco más alto de lo normal. Así también el potasio se encuentra con un buen contenido del 7 %. En conclusión, tenemos un suelo de buena fertilidad química óptimo para la siembra del cultivo de quinua.

4.2 Análisis de agua de riego

Las aguas subterráneas con la que cuenta la estación experimental de chíncha son de muy buena calidad como se muestran sus resultados en la tabla 3 donde vemos que sus características químicas realizadas en el laboratorio de análisis de suelo agua planta en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria “La Molina” que a continuación detalla:

Teóricamente el agua tiene una alta salinidad según el laboratorio de Riverside pero para las condiciones del valle de Chíncha, esta agua es de buena calidad con lo que se puede regar inclusive cultivos como palto muy sensible a las sales, siempre y cuando el suelo tenga un buen drenaje interno, el pH del agua es de moderadamente alcalino, teniendo a dos elementos antagónicos como el calcio y el sodio como iones más abundantes y se neutralizan, y dentro de los aniones, el más abundante es el cloro seguido por los bicarbonatos, este último cuando se combina con el calcio puede hacer que el agua aumente su dureza y pudiera ocasionar algunos problemas como es el taponamiento de goteros así también afecta la disponibilidad

de los microelementos y usada en aplicaciones fitosanitarias reduce la eficiencia de algunos agroquímicos especialmente fungicidas e insecticidas por ello siempre se debe usar ablandadores de agua. Así también el sulfato está en contenidos moderados en el agua para riego.

Por otro lado, el sodio está en un buen porcentaje entre los cationes de cambio ocupando el 43.51% dentro de la suma de cationes solubles el boro está bastante bajo no hay peligro de acumulación en el suelo. Finalmente, el RAS es de 2.65 con lo cual no hay ningún riesgo de su sodificación del suelo en el futuro por el uso de esas aguas.

Esta agua está catalogada como un agua de calidad C_3S_1 lo que indica que es un agua con cierta salinidad que pueda afectar a cultivos muy sensibles, pero en esta ocasión el cultivo de quinua se puede considerar como una planta con cierta tolerancia a nivel de sales sin ver afectado su desarrollo y el rendimiento de grano.

La ventaja que se tiene al usar esta agua es que se rego con el sistema de riego por goteo que nos permite usar agua de menor calidad a diferencia del riego tradicional por surcos o riego de gravedad. también podemos mencionar que la quinua es un cultivo que reporta muy bien el sembrío en suelos salinos por tener muy buena tolerancia a las sales de cloruros sulfatos o carbonato de sodio que son sales muy comunes que tenemos en los suelos de la zona baja de los valles costeros.

4.3 Condiciones meteorológicas

Las condiciones climáticas en la que se condujo el presente experimento fueron bastante favorables, especialmente las condiciones de temperatura, las que se iniciaron al momento de la siembra con 28.5°C en el mes de marzo que correspondió a finales del verano de 2024. lo que ayudo mucho al proceso de germinación y emergencia de las plántulas de quinua de la variedad INIA -ATIPAQ 446. seguidamente las condiciones climáticas variaron a medida que transcurrían los meses bajando las temperaturas máximas a 19.4°C en junio manteniéndose las mismas temperaturas para julio y agosto,

Las temperaturas medias tuvieron valores bastante estrechos de 24.7°C en marzo y 16.3°C en agosto lo que nos confirma que en el valle de chincha que tiene una cercanía con el litoral hace que las temperaturas sean moderadas y frescas durante todo el transcurso de la conducción del cultivo, lo cual no favorece mucho la presencia de plagas insectiles.

Finalmente, las temperaturas mínimas determinadas en la estación de FONAGRO - Chincha tuvieron valores de 21°C al inicio en el mes de marzo y tuvo una tendencia a descender en forma gradual y progresiva hasta 12.5°C en el mes de agosto que es un mes que muchos consideramos el mes más frío del año, pero para la quinua que es un cultivo de amplia variación térmica no presentaron problemas en su adaptación a los suelos del valle de chincha.

Con respecto a las horas de sol en la región de Chíncha al igual que Cañete presentan los más bajos índices de radiación solar llegando a contabilizarse solo de 1700 a 1900 horas de sol al año. y en esta ocasión los promedios diarios al inicio en marzo y abril fueron moderados con 6.11 y 7.16 horas de sol como promedio diario, luego estos valores decayeron muy fuerte en especial en el mes de junio que es considerado como un mes muy nuboso lo cual no es muy favorable para el desarrollo de los cultivos los cuales necesitan una mayor cantidad de este recurso para realizar el proceso de fotosíntesis lo que afecta el rendimiento y la calidad de las cosechas. La humedad relativa determinada en la estación meteorológica de la estación FONAGRO de Chíncha arroja valores muy altos que sobrepasan el 85% de humedad relativa con lo cual la incidencia de enfermedades fungosas y bacterianas se incrementan en forma muy pronunciada especialmente en los últimos 4 meses finales porque la presión de enfermedades causadas por hongo es muy alta en este valle.

4.4 Altura de planta (m)

Cuando observamos la tabla 1 del análisis de variancia para la evaluación de altura de plantas podemos informar que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los diversos tratamientos ensayados, lo que nos indica de manera inequívoca que las plantas, no reaccionan a los tratamientos porque estos no afectan de ninguna manera al crecimiento de las plantas, los cuales tienen un promedio ponderado de 1.926 m de longitud o altura de plantas, y todo el campo fue muy similar el tamaño de las plantas de quinua como se observaron en las fotos del anexo por otro lado tenemos que el coeficiente de variación fue de sólo 3.32% lo que nos asegura que los datos son muy confiables.

Por otro lado, podemos decir también que si bien los productos fertilizantes usados contienen hierro y zinc de los cuales el zinc debería haber influenciado de mejor manera para que las plantas alcancen una mayor altura ya que tienen el efecto de incrementar el tamaño de los entrenudos y se concentra más en los tallos.

Por otro lado, al analizar la tabla 2 de la prueba de comparaciones de promedios de Duncan nos da la respuesta a los que nos dice que la prueba "F" de Fisher, porque todos los valores tomados en cada una de las plantas de girasol tienen valores muy parecidos y muy parejos porque estos van desde 1.95 m y van descendiendo gradualmente hasta llegar a 1.88 metros para todos y cada uno de los tratamientos ensayados en la que se empleó los fertilizantes de sales minerales de zinc y hierro, como son los sulfatos y también los quelatos de zinc y hierro; todos ellos presentan valores muy parecidos y por eso no hay orden de mérito pero sí podemos decir que las plantas tuvieron un crecimiento muy bueno ya que en condiciones normales en zona productoras como Huancayo, Puno, Cusco y otros lugares los promedios son muy inferiores, porque no tienen el efecto del clima y del suelo que tienen los campos de cultivo acá en Chíncha.

Al comparar nuestros resultados con los trabajos de Bendezú y Huamán [14]ellos solo pudieron obtener promedios de 1.59 a 1.36 m de altura con una fertilización de N-P-K en el cultivo de quinua, en la zona de macacona.

De la misma forma al comparar con otro estudio que fue realizado por Cerón y Huamán [39]trabajando con la variedad de quinua amarilla de marangani tuvieron plantas más pequeñas de 1.12m y otras como la negra kollana con 0.58 metros.

Otro trabajo similar realizado por Rojas y Valenzuela [40]con la quinua variedad rosada de Huancayo alcanzo plantas de 1.71m y 1.53m con la variedad negra kollana, pero la variedad amarilla de marangani alcanzo longitudes de 1.82 m de altura.

4.5 Longitud de panoja (cm)

Esta evaluación se realizó para ver el grado de crecimiento que pueda llegar a tener las panojas de la quinua para condiciones de Costa y poder determinar la capacidad de adaptación del cultivo y la variedad a condiciones de suelo y clima de la región Ica, y analizando la tabla 3 del análisis de variancia con la prueba de “F” de Fisher podemos ver de manera muy parecida a la longitud de plantas que el programa Infostal-E, no halló diferencias significativas entre los tratamientos probados porque la prueba de “F”, no encontró significancia en esta determinación teniendo una medida de 59.2 cm. de tamaño y un coeficiente de variación de 53 8% que es un valor muy consistente.

Lo mismo cuando miramos la tabla 4, para determinar el orden de méritos relativos con la prueba de amplitudes de significación de Duncan, nos muestran que todos los tratamientos ensayados, y sus resultados son muy parecidos entre sí, dando valores de campo en el rango de variación que va de 61.25 a 56.25 cm son tan iguales que la prueba no halló diferencias numéricas entre ellas que las hagan diferente. por todo ello diremos no hay orden de mérito y por lo tanto ningún producto ensayado es mejor que los otros; eso se debe en forma clara y precisa que los productos aplicados a no ser hormonas de crecimiento no afectan a esta característica la cual es el resultado de la genética de la variedad y no de factores externos empleados en este ensayo.

Al comparar nuestros resultados con otros trabajos como el de Bendezú y Huamán [14] nuestros promedios son muchos mejores porque ellos solo pudieron obtener panojas con tamaño de 54.78 y 48.98 cm de tamaño y la respuesta se debe al factor varietal puesto que nosotros en nuestro estudio trabajamos con la variedad INIA 446 -ATIPAQ en cambio ellos utilizaron el cultivar INIA 431- ALTIPLANO.

En otro estudio realizado por Rojas y Valenzuela [40]con la variedad pasankalla logro tener panojas de 48.2 cm seguido por la variedad blanca de Hualhuas con 46.5cm de longitud de panojas.

4.6 Peso seco de panoja (g).

Evaluando la tabla 5, para esta característica que es el análisis de varianza, vemos que hay diferencias significativas entre los tratamientos y entre las repeticiones; teniendo en un promedio general de 49.8 gramos como media y un coeficiente de variación de 5.6 3% el cual es un valor muy aceptable para este tipo de trabajos agronómicos.

Por otro lado, la tabla 6 de la prueba de amplitudes de significación de Duncan, tenemos diferencias muy marcadas porque logran mayoría de tratamientos tienen valores que varían entre 52.25 hasta 48.25 y ocupan el primer lugar en el orden de méritos logran mayoría de ellos son aplicaciones de hierro y zinc, tanto como sales minerales, así como quelatos de naturaleza química para incrementar la eficiencia del cultivo.

Son todos los tratamientos en estudio con excepción de la clave 2, que se ubicó en el segundo lugar en el orden de méritos con apenas un peso de 46.50 gramos lo cual hace que este tratamiento es el menos efectivo para producir panojas de mejor peso y su conformación. Todo esto resultado nos muestran que la planta responde muy bien a los micronutrientes tanto hierro como zinc pero con la ayuda adicional del ácido húmico que son sustancias orgánicas que pueden fácilmente activar fisiológicamente las raíces y por ende permitir una mejor absorción de nutrientes por las raíces de las plantas de quinua como se pueden ver en la tabla 6 donde ambos tienen promedios de 52.25 gramos y 51.75 gramos para las claves 9 y 10 que sobresalen por encima que los demás tratamientos ensayados.

4.7 Peso de grano/parcela y rendimiento total en Kg/Ha.

En la determinación del análisis de variancia para el rendimiento total Kg/parcela y Kg/Ha. se ve en la tabla 7, para los tratamientos y en repeticiones se logran determinar altamente significativas que nos aseguren que la producción de grano es bastante variable llegando a tener un promedio ponderado 3.43 Kg. por parcela a sí mismo el coeficiente de variación de 10.55% el cual se puede considerar como un valor consistente y muy confiable.

En la revisión de la tabla 8 donde mostramos los resultados de la prueba de comparación de promedios de Duncan vemos de forma contundente como algunos tratamientos como el 10 que lleva aplicaciones de sulfato de zinc a dosis de 40 Kg/Ha en combinación 50 L/Ha de ácido húmico fue el mejor en rendimiento porque produjo un promedio de 4.35 Kg/Parcela y ello equivale a un rendimiento de 4,350 Kg/Ha y que según el precio de venta en el mercado local que es de 10 - 12 soles por Kg si tiene baja volumen un buen margen de ganancia ya que los costos de plantación se pueden mantener bastante bajos por la gran rusticidad del cultivo y su gran adaptación a suelos de mala calidad que induzcan al suelo arenoso y salinos que es común en la zona baja del valle de Ica

Para hacer una primera experiencia creemos que los resultados son muy importantes y nos hacen ver de la trascendencia de la fertilización mineral que se complementa muy bien las materias orgánicas líquidas como es el ácido húmico que ayuda a la activación fisiológica de

los cultivos y mejora la absorción de los micro elementos como el sulfato de zinc lo mismo podemos decir del uso del sulfato ferroso que se usó en el tratamiento 1, porque también rindió una cosecha de 4,040.0 Kg/Ha de grano, junto al tratamiento 8 que se trata del sulfato de zinc combinado con el ácido fúlvico aplicados por el suelo vía Drench, que alcanzó un rendimiento final similar al tratamiento 1 lo cual nos demuestra la importancia de ambos micronutrientes en la producción de este grano andino considerado como un superalimento a nivel mundial; los 3 tratamientos ocuparon el primer lugar en el orden de mérito según los resultados estadísticos del programa Infortat – E versión 2020.

Para el segundo lugar tenemos el tratamiento 3 que se compone de la aplicación de ambos sulfatos de zinc y el sulfato ferroso a una dosis combinada de 20 Kg/Ha de ambos sulfatos vía Drench que nos permitió un mejor control de la aplicación de los micronutrientes en estudio este tratamiento alcanzó un rendimiento de 3,680.0 Kg/Ha de grano de quinua. Luego tenemos en el tercer lugar en el orden de mérito 2 tratamientos que son las claves 2 y 6 que llevan una cosecha de 3,100.0 y 3,430.0 Kg/Ha, ambos llevaron la aplicación de 40 Kg/Ha de sulfato de zinc y la aplicación combinada de un ultra ferro que es un quelato de hierro y el Zintrac que es un producto a base de zinc aplicado a una dosis de 3 litros/Ha, que está formulado para aplicación foliar a Drench que debemos aplicar en inicio del macollaje y al inicio de la formación de la panícula en 2 – 3 ocasiones cada 15 días hasta la prefloración, lo mismo diremos del ultra ferro que está quelatado con EDDHA, que es un producto a base de micro gránulos solubles, que se aplicaron en Drench al suelo, los demás tratamientos ensayados tuvieron una menor respuesta porque se quedaron en el cuarto y quinto lugar en el orden de méritos con producciones bastante bajas que van desde 3,080.0 hasta los 2,700.0 Kg/Ha todos ellos corresponden a los tratamientos de clave 9, 5, 4, 7 y que en su aplicación en Drench fue del sulfato ferroso a 20 Kg/Ha en mezcla con 50 litros de ácido húmico, el uso de Zintrac más la mezcla del Ultraferro a razón de 7 Kg/Ha que es una dosis comercial y por último al final con el menor promedio tenemos el tratamiento 7 que llevó el uso de sulfato ferroso 20 Kg/Ha en combinación con el ácido fúlvico a razón de 30 litros/Ha, lo cual no fue suficiente.

Comparando los resultados obtenidos en el presente estudio con trabajos anteriores realizados por Chalco y Hernández [13] en su trabajo de investigación realizado en el fundo milagritos en villacuri) solo alcanzaron una producción de 3500Kg/ha de grano de quinua, de igual manera el trabajo llevado a cabo por Bendezú y Huamán [14] en el año 2018 lograron rendimientos menores al presente con 3403Kg/ha. También podemos mencionar a Cerón y Huamán [39] quienes probaron 7 variedades de quinua y tuvieron cosechas de apenas 2535Kg/ha con la variedad amarilla de Marangani. en otro estudio llevado a cabo por Rojas y Valenzuela en el sector de San Juan Bautista solo obtuvieron rendimientos muchos mas bajos de apenas 2467 Kg/ha con la variedad amarillo de Marangani.

4.8 Contenido foliar de hierro en quinua

Los análisis foliares de la quinua se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelo – Agua y Planta de la Facultad de Agronomía de la UNA “La Molina” en el presente mes de julio y se muestra en la tabla correspondiente.

Lo que podemos observar en primera instancia es el análisis del hierro el cual es un micronutriente que está fuertemente involucrado en la nutrición humana por ser un elemento fundamental para reducir los índices de anemia en poblaciones vulnerables como son los niños y las mujeres en estado de gestación, especialmente en áreas rurales de nuestro país que son los que sufren los problemas de malnutrición infantil es por ello que nuestro trabajo quiere poner un granito de arena para contribuir en reducir los problemas de nuestra población de menor recurso económico que no tiene acceso a los servicios básicos como salud, alimentación y educación, a todo ello podemos decir que según los resultados hallados tenemos que los valores más altos de hierro se determinaron que el tratamiento 7 al cual se aplicó sulfato ferroso en mezcla con 30 litros de ácido fúlvico todo en vía Drench, estas plantas mostraron hojas que presentan contenidos muy altos en hierro que llegan a los 3,815 ppm de lejos superó a los demás tratamientos; este elemento interviene en la síntesis de la clorofila y participa en otros procesos metabólicos y enzimáticos tan importantes por lo que la planta no puede completar sus ciclos vital porque es esencial para él mantenimiento de la estructura y funciones del cloroplasto que son los organelos responsables de la producción de la clorofila también interviene en la síntesis de ADN la reparación y la fotosíntesis, también es ponentes de los citocromos de la cadena de transporte de electrones tan importantes para el proceso de generación de energía.

El tratamiento 7 que se aplicó en el cultivo tuvo una alta acumulación de estos elementos toda vez que en teoría se explicaría que esta mezcla de sulfato ferroso y el ácido fúlvicos, reaccionaría en suelos, logrando una formación de nuevos compuestos benéficos como la formación de quelatos de hierro, especialmente tendríamos la presencia de compuestos como son los fúlvicos de hierro que presenta un mejor ingreso de los micronutrientes al interior de la planta.

El segundo lugar se tiene que el tratamiento 8 que lleva en su aplicación del sulfato de zinc a 40 Kg/Ha más ácidos fúlvico tuvo un contenido foliar de hierro de 2,027.50 ppm de hierro, lo cual lo asumimos que pueda hacer por la presencia de estos elementos en el suelo nativo, pero por acción del ácido fúlvico pudo ser asimilado y tomado por las plantas a través del proceso de quelación con los micronutrientes y los metales del suelo como es el hierro y el zinc.

En tercera instancia el tratamiento 10 con el uso de sulfato de zinc más 50 litros/Ha de Acido Húmico permitió una acumulación de 1,905.0 ppm de hierro en el follaje luego tenemos recién 1/4 instancia de aplicación del Ultraferro que es un quelato con EDDHA, qué es uno

de los productos quelatados más estables para los suelos de la Costa, las plantas de quinua tratada con este producto logró concentrar 1,855.0 ppm de hierro, teóricamente, este sería el tratamiento que es técnicamente el mejor por poseer un elemento hierro quelatado por el EDDHA, que es bastante estable en suelos alcalinos de la Costa Peruana.

Más lejos se ubican los tratamientos de claves 9, 5, 3, 2, 1 y 6 que tiene promedios que van descendiendo desde 1,757.50 a 336.0 ppm, llamando la atención el tratamiento 6 que llevaron con combinadas las aplicaciones del Ultraferro más el Zintrac que contiene ambos elementos en formas separadas pero que él momento de aplicarlos por vía Drench, los resultados son muy malos posiblemente se hayan dado condiciones de antagonismo entre ambos iones porque no hay una explicación lógica porque deberían haber aumentado la cantidad de ambos el hierro y zinc a pesar de quelatarse con EDDHA y el Zintrac.

Este elemento es esencial para los procesos celulares vitales como la respiración, la biosíntesis de clorofila y la fotosíntesis a todo ello cuando se aplican cantidades altas de fierro reduce significativamente la biomasa seca total de las plantas y aumenta el contenido de materia seca, clorofila, fenoles totales, antocianina, flavonoides, carotenoides, ácido ascórbico, actividad antioxidante, prolina y Malonodialdehido de las plantas.

Así mismo Consentino [33], manifiesta que Buturi et al [34], encontraron que al aplicar hierro aumenta bastante el contenido de N, P, K, Ca, Mg, Fe, S, Zn y B.

Por otro lado, diremos que las hojas jóvenes se consideran fuertes sumideros y necesitan más hierro que las más viejas pero la sintomatología se da más en hojas jóvenes así mismo, Late – Tenasaca [35] al investigar el método de aplicación de Fe en quinua demostraron que la aplicación foliar de hierro se redujo los compuestos anti nutricionales en las plantas a diferencia de la aplicación al suelo revisando la cantidad nutricional y productividad del grano de quinua.

4.9 Contenido de Zinc (ppm) en hojas de quinua

El zinc es un elemento muy crucial en la gran mayoría de los suelos, en especial la costa peruana tiene esta particularidad por el tipo de material parental que tienen los suelos los que son de material aluvial que se fueron formando en el transcurso del tiempo por los Corrientes de agua en épocas de verano donde discurren agua de lluvia y avenida.

Para analizar la figura 2 vemos muy bien cómo los más altos contenidos de zinc se determinaron en la clave 2 del tratamiento que llevó al sulfato de zinc a dosis de 40 Kg/Ha que alcanzó un contenido de 87.50 ppm lo que nos indica que aun siendo sales minerales que se aplican en el sistema de Drench para poder controlar la aplicación del tratamiento en las parcelas predeterminadas estos altos niveles nos pueden dar información muy importante acerca de las funciones de estos nutrientes en el proceso de biofortificación porque el caso del zinc este es un metal de transición más abundante en los organismos después del hierro y el único que está involucrado en todas las enzimas, además de ser un compuesto esencial

de diferentes moléculas por ejemplo lípidos, proteínas y cofactores de auxinas y tiene un papel relevante en el metabolismo del ADN y ARN de las plantas.

Es el principal componente de la enzima anhidrasa carbónica y es un elícitor de la aldolasa y toma parte en el metabolismo del carbono.

En segunda instancia hay 3 tratamientos que tienen los mismos valores de Zinc en el follaje que es de 80 mg/Kg de materia seca o sea 80 ppm de este elemento ellos son los tratamientos T4 que es Ultraferro a 7 Kg/Ha, el T6 con Ultraferro más Zintrac-700, que es una formulación fluida de zinc altamente concentrado que contiene cuatro veces más zinc que los líquidos basados en sulfato de zinc y el tratamiento 7 que llevan la aplicación de sulfato ferroso + 30 l/Ha de ácido fúlvico después de 1/5 lugar se ubica el tratamiento T3 que llevó la aplicación de 20 Kg/Ha de Sulfato Ferroso más de 40 Kg de Sulfato de Zinc, este tratamiento llegó a producir un contenido foliar de 77.50 ppm o mg/Kg de Materia Seca en hojas de quinua.

Los demás tratamientos ensayados tienen promedios menores que van descendiendo desde 73.75 ppm hasta 45 ppm que corresponde a los tratamientos T5 y T8 que es el que tiene una menor concentración de estos micronutrientes, pero es necesario precisar que justamente el tratamiento que menor concentración de zinc presentó fue el T8 que llevó a la aplicación de sulfato de zinc más 30 L por hectárea de ácido fúlvico que apenas tuvo un valor de 45 ppm de zinc.

Según algunos investigadores como Oliveira et. al. [36], encontraron que la aplicación de zinc, depende del tipo de aplicación (suelo o foliar) y que la aplicación foliar de zinc es más efectiva que la aplicación al suelo para aumentar la concentración de zinc en otros cultivos como soja y garbanzos asimismo otro trabajo presentado por Yilmaz et. al. [37], demostraron que si cambian la aplicación de zinc tanto el suelo y foliar en hojas es el mejor método para aumentar el contenido de zinc en los tejidos vegetales.

Por último, este elemento se está presentando y aplicando el zinc en forma de mono partículas o mono formas de zinc en programas de biofortificación y es la más preferida por su alta eficiencia de absorción ya que es más soluble en agua y se desecha fácilmente en las plantas es así como Solanski y Laura [38], demostrando que el sulfato de zinc granular es menor efectivo que la forma de mano partículas porque aumentan su eficiencia de absorción.

4.10 Contenido de hierro en granos de quinua (ppm).

Cuando evaluamos los contenidos de hierro en los granos de quinua que se muestran en la figura 3 podemos inferir o reconocer que la mayor cantidad hallada corresponde al tratamiento 7, que llevó en su aplicación al sulfato ferroso en mezcla con 30 litros/Ha de ácido fúlvico lo que favoreció muy bien la absorción de las raíces y tomaron el hierro y después de un ascenso por el floema llegó fácilmente a los granos y se detectó un contenido de 154 ppm o mg/Kg de materia seca de grano según se tiene entendido los análisis foliares

o cualquier tejido vegetal se hacen con el método del espectrómetro de absorción atómica para analizar los elementos metálicos tanto como el hierro ,el cobre ,zinc y el manganeso; los otros tratamientos que tuvieron contenidos que sobrepasan los 100 ppm en el verano son aquellos de clave 8, 9 y 10 quienes llevaron en su aplicación al suelo el sulfato ferroso y al sulfato de zinc en combinación con el ácido fólico y húmico, todos ellos tienen contenidos de 102 y 104 mg/Kg en la semilla de quinua todo esto resultado nos dan un primer criterio de que ambos micronutrientes tienden a mejorar su asimilación por las plantas cuando ambos son completos esta dos con el uso de los ácidos orgánicos, tanto el ácido fúlvico como el ácido húmico los cuales son productos orgánicos de fácil uso en el mercado porque son muy efectivos en la regularización de las hormonas de plantas así los ácidos fúlvicos mejoran el aprovechamiento de fertilizantes aplicados tanto al suelo como los aplicados al follaje, mejorando de manera significativa el crecimiento general de las plantas que también repercutan en los rendimientos y calidad de las cosechas.

Los demás tratamientos ensayados como él T2, T6 Y T1 tuvieron promedios menores que corresponden a 98 y 97 mg/Kg de materia seca o ppm en forma respectiva aun así es bastante aleccionador estos contenidos de los tratamientos que llevaron en su composición la aplicación de sulfato de zinc a 40 Kg/Ha y el Ultraferro más el Zintrac, al igual que el sulfato ferroso a razón de 20 Kg/Ha.

Los demás tratamientos presentan valores muy bajos de sólo 69 ppm del tratamiento 3 que llevó una mezcla combinada del sulfato ferroso 20 Kg/Ha y el sulfato de zinc a 40 Kg/Ha que nosotros atribuimos a un mecanismo de antagonismo entre los micronutrientes.

4.11 Contenido de Zinc (ppm) en granos de quinua

Los contenidos de zinc, que se terminaron en los granos de semilla de la quinua se observa en la figura cuatro donde vemos cómo los contenidos son bastante parejos en el caso de los 10 tratamientos ensayados tales así como el valor más alto lo tiene el tratamiento T2 que es la aplicación de sulfato de zinc a la dosis de 40 Kg/Ha que logro 55 mg/Kg de materia seca o ppm cerquita le sigue el tratamiento T6 y T1 que llevó una combinación de Ultraferro más el Zintrac y el sulfato ferroso a razón de 20 Kg/Ha, ambos alcanzaron una concentración de 54 mg/Kg de Zinc en la materia seca de granos el resto de tratamientos tuvieron valores muy parejos con valores que van desde 52 ppm hasta los 43 ppm fue para el tratamiento nuevo que está formado por las aplicaciones de sulfato ferroso más 50 litros de ácido húmico en todos los análisis podemos ver que la planta absorbe y acumula en sus tejidos contenidos más bajos de este elemento para el caso del zinc en comparación con el hierro ya hay mayores contenidos de ambos elementos en las hojas que en él grano o semilla de los cultivos.

En el caso de zinc algunos investigadores suponen dar un mayor valor agregado desde el punto de vista nutricional a los granos que cotejan mayores contenidos de zinc, tanto en hojas como en granos, puesto que ambos tejidos pueden ser consumidos por las personas y todo

ello se puede lograr con el proceso de mejoramiento de variedades de quinua o a través de la bio fortificación agronómica, con ello aumentamos el valor nutraceútico de los alimentos en áreas rurales y zonas de poblaciones que tienen bajos recursos económicos que no pueden acceder a una alimentación con suplementos vitamínicos y enriquecidos. Por todo ello el zinc es muy importante que esté presente en nuestros productos alimenticios porque también permite elevar los rendimientos de las cosechas tanto en calidad como cantidad de grano. Cuando se evalúan la calidad química de los suelos de la costa peruana podemos concluir que la mayoría de los suelos son bastantes pobres en este elemento es por ello que se debe de adecuar y promover entre los agricultores el uso consensuado de los micro elementos como el hierro y el zinc porque cuando hay deficiencia de estos iones en el suelo se produce una reducción de los rendimientos, por baja en el proceso de fotosíntesis disminución en la formación de almidón en el grano pérdida del contenido de auxinas acumulación de aminoácidos y disminución de la síntesis de proteínas en incremento método de la permeabilidad de las biomembranas aumento en el contenido de fosforo inorgánico y depresión de la fertilidad masculina .

4.12 Contrastación de la hipótesis

4.12.1 Contrastación de la hipótesis general.

Que cuando usamos herramientas tecnológicas de carácter agronómico, como es la fertilización mineral – orgánico como lo es el tratamiento 10 que lleva en su composición el uso de Sulfato de Zinc en razón de 40 Kg/Ha en mesclado con 50 litros/Ha de ácidos húmicos todo ello ha favorecido a las plantas y sobre todo a las panoja donde se forman los granos de la quinua, con ellos se logró el más alto rendimiento comercial de granos, que pudiera en beneficio de los agricultores en la región costa como el valle de Chíncha , en especial en la zona de Chíncha baja ,

4.12.2 Contrastación de la hipótesis específica.

- Los mayores contenidos de hierro en el grano de quinua se logró obtener con el tratamiento 7 que llevó en su aplicación el uso de sulfato ferroso a 20 Kg/Ha en mezcla con 30 litros/Ha de ácido fúlvico y se encontró el valor de 381.0 ppm o mg/Kg de materia seca en grano de este cereal.
- Así mismo llegamos a la determinación del contenido de zinc grano donde el tratamiento 2 fue el más alto con el 55 ppm sin en grano porque se aplicó el sulfato de zinc a 40 Kg/Ha en aplicaciones por Drench.

V. CONCLUSIONES

- 5.1 Los tratamientos que tuvieron los mayores contenidos de hierro, tanto en hojas como en granos de quinua es el tratamiento 7, el cual lleva la aplicación 20Kg/ha de Sulfato Ferroso en combinación con 30 litro/Ha de ácido fúlvico, lo que permitió a las plantas absorber con mayor facilidad el hierro el cual posiblemente se quelatiza con el ácido fúlvico formando fulvato de hierro que son de mayor facilidad de ser tomados por las raíces de la planta. Los contenidos de hierro en hoja fue de 384 ppm y mientras que en grano se obtuvo una concentración de 154 ppm de dicho micronutriente.
- 5.2 En el caso del zinc al hacer los análisis foliares se encontró que el tratamiento 2 que consiste en la aplicación de 40Kg/ha de sulfato de zinc, permitió un mayor contenido de dicho elemento alcanzando una concentración de 87.5mg/kg en hoja y 55 mg/Kg en grano.
- 5.3 Sobre el rendimiento del grano de este preciado cereal diremos que la mayor producción de quinua se logró obtener usando el tratamiento 10 que lleva en su aplicación la mezcla de sulfato de zinc a razón de 40 Kg/Ha y 50 litros/Ha de Acido Húmico que produjo una cosecha de 4,350.0 Kg/Ha de granos de quinua.
- 5.4 En las evaluaciones biométricas de altura de planta, así como longitud de panoja no se encontraron diferencias estadísticas significativas, por lo tanto, no hubo un orden de mérito relativo entre los tratamientos, pues los promedios son muy parecidos, para altura de planta se obtuvo valores de 188 a 195cm y para longitud de la panojas también los valores son muy parejos y van de 56.25 a 61.25 cm.
- 5.5 Para las evaluaciones de peso de panojas también el comportamiento fue de manera similar a las variables anteriores donde todos los tratamientos tuvieron un comportamiento similar y parejo en los promedios, alcanzando valores que varían entre 52.25 hasta 48.25 gramos. Por todo ello la prueba de Duncan no detectó ningún orden de mérito para ningún tratamiento ensayado.
- 5.6 En la evaluación del rendimiento final de peso de granos por hectárea, el mejor tratamiento resultó el de clave 10 que llevó la aplicación de sulfato de zinc a una dosis de 40 Kg/Ha en mezcla con 50 L/ha de ácidos húmicos, con ello potencializamos el proceso de absorción de los microelementos y también mejoró los rendimientos, llegando a producir los 4,350. Kg/Ha de grano de quinua de muy buena calidad.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1 Continuar con trabajos relacionados a la biofortificación del cultivo de quinua por metodologías agronómicas que ayuden a aumentar la calidad nutricional de los productos alimenticios más requeridos por la población de bajos recursos económicos.
- 6.2 Según los resultados obtenidos en el presente estudio sugerimos que para aumentar la calidad nutricional del cultivo de quinua se fertilice en forma complementaria al NPK tradicional, con el sulfato de zinc a 40Kg/ha en mezcla con 50 l/Ha del ácido húmico logrando obtener el mayor rendimiento productivo de grano en el cultivo de quinua Var.: INIA – 446 ATIPAQ en condiciones de Costa.
- 6.3 Viendo los resultados de los análisis foliares de hierro y zinc, planteamos que aparte del consumo de grano de quinua los pobladores puedan consumir las hojas frescas en ensaladas o en platos típicos, pues se ha logrado determinar un elevado contenido de hierro que llega a una concentración de 3815ppm y 87.5ppm de zinc muy superior a los contenidos que se hayan en el grano. Con ello se podría reducir la desnutrición de las poblaciones más vulnerables de bajos recursos.
- 6.4 Siendo el cultivo de quinua bastante tolerante a condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego ,recomendamos su siembra en áreas marginales ubicadas en la zona baja del valle de Ica ,villacuri .como parte de una rotación de cultivos y dentro de un programa de manejo agronómico libre del uso de agroquímicos de alta toxicidad ,para producir grano con fines de exportación potencializando nuestra capacidad como primer país productor y exportador de este cereal andino considerado como un super alimento.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Fluctuante <https://fluctuante.lat/agroexportaciones/2024/08/14/paises-exportadores-de-quinua/#:~:text=Aunque%20la%20quinua%20se%20ha,son%20las%20principales%20zonas%20productoras.&text=En%202023%20las%20exportaciones%20mundiales,pa%C3%ADses%20de%20Asia%20y%20Ocean%C3%ADa>.
- [2] H. Goh & Y. Lee. Effects of heat treatments on physicochemical properties and in vitro biological activities of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 46(6), 688-694. 2017.
- [3] H. Goh and Y. Lee. Effects of Germination on the Physicochemical Properties, In Vitro Starch Digestibility, and Antioxidative Activity of White Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 47(12): 1268-1273. 2018.
- [4] Kaziol. Quinoa del sur de Chile. Alternativa productiva y agroindustrial de alto valor. INÍA -Chile - Temuco 2019.
- [5] R. Repo-Carrasco & L. Serna, L. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas*, 31(1), 225-230. 2011.
- [6] M. Torres, A. Guzman, R. Carvajal. Valoración nutricional de 10 variedades de Quinoa *Chenopodium quinoa* Willd del altiplano boliviano. *Biofarbo*; 10: 55-60, 2002.
- [7] J. Campos-Rodríguez; K. Acosta-Coral; LM. Paucar-Menacho. Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. *Scientia Agropecuaria* 13(3): 209-220 (2022).
- [8] F. Flores, C. Chumchon y C. Condori. “Estimación de la huella hídrica, en tres variedades de Quinoa en Ayacucho”. II convención Internacional de Suelos XIX, Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo – Ayacucho. 2024.
- [9] C. Condori, R. Flores, K. Quispe, I. Quispe y R. Solorzano. “Biocarbon Mejora la absorción de agua del suelo y rendimiento de la quinoa bajo estrés hídrico”. II convención Internacional de Suelos y XIX. Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo. Ayacucho. 2024.
- [10] M. Gutiérrez, E. Quispe, J. Palomino, C. García, y J. Huamancusi. “Efecto de *Azospirillum* y *Glomus* en el crecimiento y desarrollo de variedades de Quinoa, Ayacucho”. II Convención Internacional de Suelos y XIX Congreso Peruano de la ciencia del suelo Ayacucho. 2024.
- [11] W. Grumeberg. “El camote de pulpa anaranjada biofortificado con Betacaroteno”. Centro Internacional de la papa – CIP – Lima – Perú. 2007.
- [12] T. Nina. Efecto de la inoculación de bacterias PGPR *Pseudomonas* sp. y *Rhizobium* sp. en el cultivo de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Tesis. Licenciado en Biología. Universidad Nacional del Altiplano – Puno. 2019.

- [13] P. Gutiérrez. Biofortificación agronómica del cultivo de papa mediante aplicación foliar y edáfica de zinc y su interacción con cadmio”. Tesis M. Sc. Suelos, EPG – UN LA Molina Lima – Perú. 2018.
- [14] Y. Chalco, H. Hernández. “Determinación de las curvas de absorción y concentración de nutrientes en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) en el suelo arenoso bajo riego por goteo en la pampa de Villacuri”. Ica – Perú. 2014
- [15] R. Bendezú y J. Huamán. “efecto de diferentes dosis de fertilización NPK en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) cultivar INIA 431-Altiplano, en la zona media del valle de Ica”. tesis Ing. Agro Universidad Nacional San Luis Gonzaga – 2018.
- [16] J. Cabrera y W. Cantoral. “efecto combinado de la materia orgánica y arcilla bentonita. sobre el rendimiento del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) en un suelo arenoso en la zona de villacuri”. tesis Ing. Agro universidad nacional san Luis Gonzaga 2018.
- [17] F. Cuya. Adaptación de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) en diferentes densidades de siembra en la zona media del valle de Ica”, tesis Ing. Agro Universidad Nacional San Luis Gonzaga -2017.
- [18] A. Sánchez. Comparación químico proximal, minerales y capacidades antioxidantes de hojas de cuatro variedades de Quinua (*Chenopodium quinoa*) en diferentes etapas fenológicas. Tesis Ing. Industrias Alimentarias, UNA – la Molina – Lima – Perú. 2019.
- [19] G. Rosas. Rendimiento del cultivo de Quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) bajo condiciones de suelo arenoso. Tesis Ing. Agr. Universidad Privada Antenor Orrego – Trujillo – Perú. 2019.
- [20] E. Espinoza. Adaptación del cultivo de Quinua (*Chenopodium quinoa willd*) al cambio climático en los Andes del Perú. Rev. Del Instituto de Investigación (RIIGEO) FIGMMG – UNMSM. Vol. 19. 2016.
- [21] P. Olivera y D. Nieto. Caracterización elemental en granos de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) mediante la técnica de fluorescencia de Rayos X. IPEN – Universidad Nacional de Ingeniería. Informe Científico Tecnológico. Vol 14. 2000.
- [22] INTAGRI. Biofortificación de cultivos con zinc, nutrición vegetal. Ciudad de México D. F. México. 2019.
- [23] Harvest Plus. “Cultivos biofortificados, América Latina y el Caribe” Km. 13 recta Cali – Palmera. Valle del Cauca, Colombia. 2020.
- [24] A. Moreno, J. Reyes y C. Márquez. La biofortificación de cultivos: Una alternativa que constituye a la seguridad alimentaria y nutricional in book tópico selecto de sustentabilidad: en un reto permanente. Volumen III, primera edición. Universidad Juárez del Estado de Durango – México. 2015.

- [25] L. Restrepo, M. Góngora y B. López. Biofortificación de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con cianocobalamina y micronutrientes aminoquelatados (Zinc, hierro). Universidad de Antioquia, Medellín – Colombia. 2020.
- [26] R. Vega, C. De Olivera, L. Guilherme y G. López. El Selenio en la agricultura biofortificación de alimentos y mitigación del estrés por déficit hídrico. II Convención Internacional de Suelo y IXI Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo. Ayacucho. 2024.
- [27] A. Benedicto, A. Hernández, L. Pedraza, I. Rivas, J. Lucana. Determinación de Zinc, distribución en Var frejol (*Phaseolus vulgaris*) después de la aplicación foliar de lignosulfatos de Zinc, usando patrones isotópicos de convolución. Journal of agriculture and food chemistry 59 (16).
- [28] A. Zegarra, S. Condori, García. Biofortificación edáfica con Zinc y Hierro en biomasa y contenido de Zinc y Hierro en alfalfa. Libro de resúmenes II Convención Internacional de Suelos y XIX Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo nov. Ayacucho. 2024.
- [29] “Acción contra el hambre. Biofortificación del cultivo de quinua para combatir la malnutrición. una alternativa nutricional para el mundo.
- [30] C. Márquez, M. Guillen y E. De la Cruz. La biofortificación de cultivos: Una alternativa que contribuye a la seguridad alimentaria y nutricional, en libro tópicos selectos de sustentabilidad, un reto permanente. Vol. III. 2015.
- [31] Food Tech. Nutrición y Salud: Nuevos enfoques en la biofortificación con hierro de cultivos básicos. Redacción Food Tech. 26 mayo de 2024.
- [32] L. Gómez-Pando y E. Aguilar-Castellanos. Guía de cultivo de la quinua. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Universidad Nacional Agraria La Molina Lima. 2016.
- [33] W. Castillo. Desarrollo de productos de panificación saludables con alto contenido de compuestos bióticos y actividad antioxidante a partir de harina de Quinua (*Chenopodium quinua*) y Cañihua (*Chenopodium Pallidicaule*) germinados. Universidad Nacional del Santa EPG – Chimbote – Perú. 2021.
- [34] Portal frutícola. INÍA – 446 – ATIPAQ, la nueva variedad de quinua peruana con alta capacidad productiva”, Portal Frutícola. 16 de diciembre del 2022.
- [35] FAO. Plataforma de información de la quinua. Producción sostenible -2025
- [36] A. Mujica y S. Jacobsen. La quinua (*Chenopodium quinua* wild) y sus parientes silvestres. Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. 2006.
- [37] J.T. Borges, R.C. Bonomo, D. Paula, L.C. Oliveira y M. Cesário. Características físico-químicas, nutricionais e formas de consumo da quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.). Temas Agrarios. Vol. 15:(1) Enero - junio 2010 (9 - 23).

- [38] W. Cerón P. y E. Huamán O. Evaluación de adaptación y comparativo de rendimiento de 7 variedades del cultivo de quinua (*Chenopodium quinua* wild) en la zona media del valle de Ica, Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. 2016.
- [39] Rojas y Valenzuela. Adaptación y rendimiento de 5 variedades de quinua (*Chenopodium quinua* wild) en la zona media del valle de Ica. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. 2015.
- [40] B. Consentino, M. Benedicto, L. Ciriello, L. Sabatino, S. Vultaggio, S. Balilassano, S. Vasto y S. Rauphael y La Bella. Conocimiento actual sobre biofortificación agronómica para modular el rendimiento y el valor funcional de los cultivos de hortalizas. Una revisión. Universidad de Palermo – Italia. Horticultura.
- [41] V. Buturi, L. Sabatino, P. Mauro, E. Navarro, B. León, C. Blasco, F. Leonardi Y Giuffrida. Biofortificación con hierro en lechugas cultivadas sin suelo en invernadero, una herramienta agronómica eficaz para mejorar la ingesta de minerales en la dieta. Agronomía – 2022.
- [42] Late y Tenesaca. Biofortificación con hierro en la calidad nutricional, la composición de anti nutrientes y la productividad del grano. Food Chem. 2023.
- [43] N. de Oliveira, P. de Rezende, M. de F. Pícolo, A. Bruzi. Estrategias de biofortificación con zinc en cultivos de soja de tipo alimentario. Aust. Jour. Crop. Sci. 2019.
- [44] A. Yilmaz H. Ekiz H, B. Torun, I. Gultekin, S. Karanlik, SA. Bagci, I.Cakmak. Efecto de diferentes aplicaciones de zinc Métodos sobre el rendimiento de grano y la concentración de zinc en el trigo cultivares cultivados en suelos calcáreos deficientes en zinc. J. Plant. Nutric. 20:461–47. 1997.
- [45] P. Solanski y J. Laura. Biofortificación de cultivos utilizando nanopartículas para aliviar la deficiencia de zinc en plantas y humanos. Una revisión Res. J. life. Sci. Bioinfor Pharm. Chem. 2018.

VIII. ANEXO

8.1 Analisis de suelo - Caracterización



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : OMAR ALBERTO FLORES HERNANDEZ

Departamento : ICA
 Distrito : CHINCHA BAJA
 Referencia : H.R. 83316-104C-24

Bolt: 6768

Provincia : CHINCHA
 Predio : INIA - EEA
 Fecha : 01/03/2024

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
5698	SUELO 1	7.33	2.12	1.97	1.60	110.2	1600	52	20	28	Fr.Ar.A.	15.00	9.50	3.21	1.96	0.33	0.00	15.00	15.00	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Lily Tello

Dra. Lily Tello Peramás
 Jefa del Laboratorio

METODOS SEGUIDOS EN EL ANALISIS DE SUELOS

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
3. PH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 o en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2.5.
4. Calcareo total (CaCO₃): método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley and Black, oxidación del carbono Orgánico con dicromato de potasio. %M.O.=%Cx1.724.
6. Nitrogeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO₃=0.5M, pH 8.5
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH₃ - COONH₄)N, pH 7.0
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH₃ - COOCH₃)N; pH 7.0
10. Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio

(CH₃ - COONH₄)N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica.

11. Al³⁺- H⁺: método de Yuan. Extracción con KCl, N

12. Iones solubles:

- a) Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica.
- b) Cl, Co₃=, HCO₃=, NO₃ solubles: volumetría y colorimetría. SO₄ turbidimetría con cloruro de Bario.
- c) Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
- d) Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

Equivalencias:

1 ppm=1 mg/kilogramo

1 milimho (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro

1 miliequivalente / 100 g = 1 cmol(+)/kg

Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes

CE (1 : 1) mmho/cm x 2 = CE(es) mmho/cm

TABLA DE INTERPRETACION

Salinidad		Materia Orgánica	Fósforo disponible	Potasio disponible	Relaciones Catiónicas		
Clasificación del Suelo	CE(es)	%	ppm P	ppm K	Clasificación	K/Mg	Ca/Mg
*muy ligeramente salino	<2	<2.0	<7.0	<100	*Normal	0.2 - 0.3	5 - 9
*ligeramente salino	2 - 4	2 - 4	7.0 - 14.0	100 - 240	*defc. Mg	>0.5	
*moderadamente salino	4 - 8	>4.0	>14.0	>240	*defc. K	>0.2	
*fuertemente salino	>8				*defc. Mg		>10

Reacción o pH		CLASES TEXTURALES				Distribución de Cationes %		
Clasificación del Suelo	pH	A	=	arena	Fr.Ar.A	=	franco arcillo arenoso	60 - 75
*fuertemente ácido	<5.5	A.Fr	=	arena franca	Fr.Ar	=	franco arcilloso	15 - 20
*moderadamente ácido	5.6 - 6.0	Fr.A	=	franco arenoso	Fr.Ar.L	=	franco arcilloso limoso	3 - 7
*ligeramente ácido	6.1 - 6.5	Fr.	=	franco	Ar.A	=	arcilloso arenoso	<15
*neutro	6.6 - 7.0	Fr.L.	=	franco limoso	Ar.L.	=	arcilloso limoso	
*ligeramente alcalino	7.1 - 7.8	L	=	limoso	Ar.	=	arcilloso	
*moderadamente alcalino	7.9 - 8.4							
*fuertemente alcalino	>8.5							

8.2 Análisis foliar



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES




INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : OMAR ALBERTO FLORES HERNANDEZ
PROCEDENCIA : CARRETERA ANTIGUA PANAMERICANA SUR KM. 200.5 CHINCHA BAJA (INIA-EEA)
MUESTRA : HOJAS DE QUINUA
REFERENCIA : H.R.82974
BOLETA : 6663
FECHA : 19/07/2024

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Fe ppm	Zn ppm
1983	T1=Sulfato ferroso 20 kg/ha	940.00	55.00
1984	T2=Sulfato de zinc 40kg/ha	957.50	87.50
1985	T3=Sulfato ferroso 20 kg/ha + Sulfato de zinc 40 kg/ha	1297.50	77.50
1986	T4=Ultraferro 7 kg/ha	1855.00	80.00
1987	T5=Zintrac	1707.50	73.75
1988	T6=Ultraferro+Zintak	336.00	80.00
1989	T7=Sulfato ferroso + 30 L ácido fúlvico	3815.00	80.00
1990	T8=Sulfato de zinc + 30 L ácido fúlvico	2027.50	45.00
1991	T9=Sulfato ferroso + 50 L ácido húmico	1757.50	65.00
1992	T10=Sulfato de zinc + 50 L ácido húmico	1905.00	47.50




Dra. Lily Tello Peramás
Jefa de Laboratorio

8.3 Análisis de grano de quinua



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : OMAR ALBERTO FLORES HERNANDEZ
PROCEDENCIA : CARRETERA ANTIGUA PANAMERICANA SUR KM. 200.5 CHINCHA BAJA (INIA-EEA)
MUESTRA : SEMILLA DE QUINUA
REFERENCIA : H.R. 83318
BOLETA : 6768
FECHA : 27/09/2024

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Fe ppm	Zn ppm
2721	T1: Sulfato ferroso a 20 kg/ha	97	54
2722	T2: Sulfato de zinc a 40 kg/ha	98	55
2723	T3: Sulfato ferroso 20 kg + Sulfato de zinc 40 kg/ha	69	52
2724	T4: Ultraferro a 7 kg/ha	93	49
2725	T5: Zintrac	87	48
2726	T6: Ultraferro + Zintrac	98	54
2727	T7: Sulfato ferroso + 30 litros de Ácido fúlvico	154	50
2728	T8: Sulfato de zinc + 30 litros de Ácido fúlvico	104	46
2729	T9: Sulfato ferroso + 50 litro de Ácido húmico	104	43
2730	T10: Sulfato de zinc + 50 litros de Ácido húmico	102	50




Dra. Lily Tello Peramás
Jefa de Laboratorio

8.4 Análisis de agua



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANÁLISIS DE AGUA

SOLICITANTE : OMAR ALBERTO FLORES HERNANDEZ
PROCEDENCIA : CARRETERA ANTIGUA PANAMERICANA SUR KM. 200.5 CHINCHA BAJA (INIA-EEA)
REFERENCIA : H.R. 83317
BOLETA : 6768

No. Laboratorio	256
No. Campo	
pH	7.63
C.E. dS/m	0.97
Calcio meq/L	4.42
Magnesio meq/L	1.31
Potasio meq/L	0.09
Sodio meq/L	4.49
SUMA DE CATIONES	10.32
Nitratos meq/L	0.07
Carbonatos meq/L	0.00
Bicarbonatos meq/L	3.41
Sulfatos meq/L	2.41
Cloruros meq/L	3.54
SUMA DE ANIONES	9.43
Sodio %	43.51
RAS	2.65
Boro ppm	0.18
Clasificación	C3-S1

La Molina, 30 de Julio del 2024



Lily Tello
Dra. Lily Tello Peramás
Jefa de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
Celular: 946-505-254
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

8. 5 Datos meteorológicos

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL

Estación CO - Fonagro

Longitud : 76° 8' 3,3" S

Latitud : 13° 27' 28.1" W

Altitud : 71 msnm

Dpto. : Ica

Provincia : Chincha

Distrito : Chincha Baja

Parámetro : Temperatura Máxima Media Mensual (°C)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2023	26.1	28.7	29.5	29.4	25.6	24.0	23.7	23.3	23.5	23.8	S/D	S/D
2024	28.3	30.3	28.5	26.6	21.6	19.4	19.8	19.9	19.7	21.8	24.2	25.6

S/D: Sin datos

Parámetro : Temperatura Mínima Media Mensual (°C)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2023	17.7	20.4	21.2	20.4	16.6	15.9	15.7	16.3	15.4	16.5	S/D	S/D
2024	20.3	21.4	21.0	19.1	16.0	14.1	13.4	12.7	13.5	14.8	15.3	17.2

S/D: Sin datos

Parámetro : Horas de sol total mensual (HR)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2023	170.4	183.5	170.9	177.2	71.7	43.0	70.8	63.4	122.5	165.4	S/D	S/D
2024	193.3	212.6	189.5	214.8	104.1	21.4	38.5	57.4	56.5	132.1	39.1	75.6

S/D: Sin datos

Parámetro : Humedad relativa media mensual %

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2023	85	86	85	85	87	88	86	84	84	82	S/D	S/D
2024	77	79	85	85	89	89	89	86	86	83	82	81

S/D: Sin datos

Información preparada para: FLORES HERNÁNDEZ, OMAR ALBERTO PARA OPTAR EL TÍTULO DE MAESTRO EN AGRONOMÍA

"Efecto de los micronutrientes zinc y hierro para biofortificación del cultivo de Quinoa (Chenopodium Quinoa), Var.: INIA 446-ATIPAQ para región Costa - Chincha"

Ica, 26 de enero del 2025

Parque Industrial MZ A lote 5-Ica

Telef. 056-228902

www.senamhi.gob.pe



Firma Digital
Firmado digitalmente por ROGAS
LUJAN Ricardo Antonio FAU
20191886028 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 26/01/2025 10:47:45:00

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

8.6 Descripción de los productos utilizados

Sulfato de zinc heptahidratado

Es un fertilizante 100% soluble y único fabricado en Perú para uso agrícola. Es usado en la fertilización de los cultivos es principal fuente de abonamiento y fertilización del zinc disponible y asimilable por las plantas a través de las raíces.

Aporte importante del azufre, el cual es requerido por las plantas en cantidades similares a la del fósforo y es tan importante como el nitrógeno en la determinación de la cantidad y calidad de la biomasa de un cultivo.

El sulfato de zinc Heptahidratado de Ferrosalt S.A., es elaborado en makro producciones a fin de poder atender las demandas del mercado nacional e internacional cumpliendo los parámetros y normas de calidad referente a cantidades y metales pesados.

Especificaciones

COMPOSICIÓN	ZnSO ₄ .7H ₂ O
ASPECTO	Cristales finos
SOLUBILIDAD	100% soluble en agua
ZINC (Zn)*	21.87%
ZnSO₄.7H₂O**	96.15%
pH (Solución al 5%)	4.0 – 6.0

Sulfato ferroso heptahidratado

El sulfato ferroso Heptahidratado de Ferrosalt S.A., es un fertilizante 100% soluble usado en la fertilización de los cultivos. Fuente de abonamiento y fertilización del hierro disponible y asimilado por las plantas a través de las raíces y de las hojas bajo la forma de fe + 2.

Aporte importante del azufre el cual es requerido por las plantas en cantidades parecidas a las del fósforo y es tan importante como el nitrógeno en la determinación de las cantidades y calidad de la biomasa de un cultivo.

El sulfato ferroso Heptahidratado de Ferrosalt S.A., es elaborado en macro producciones a fin de poder atender las demandas del mercado nacional e internacional cumpliendo los parámetros y norma de calidad referentes a cantaminantes y metales pesados.

Especificaciones

COMPOSICIÓN	FeSO ₄ *7H ₂ O
SOLUBILIDAD	100% soluble en agua
HIERRO (Fe)*	20.50%
FeSO₄*7H₂O	102.04%
pH (Solución al 5%)	3.0 – 4.5

Ultraferro

Es un producto de hierro que el atado con EDDHA. Se encuentra en presentación de micro gránulos solubles (WG), formulación que brinda una gran facilidad y comodidad en el manejo además de proporcionar al producto una zoom utilidad total e instantánea en cualquier tipo de agua, sin formar grumos ni sediment eventos en los tanques de aplicación. eficacia y máxima estabilidad en las condiciones más difíciles.

A pesar de que el hierro es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre éste se encuentra en su mayoría en forma insensible para la plantas diversos factores como altos pH del suelo, alta concentración de carbonatos presencia de fosfato y un alto porcentaje de arcilla disminuyen drásticamente la absorción de este nutriente por planta.

Por ello, es necesario el empleo de soluciones que permitan al transporte del hierro en forma segura hacia la planta, y una de estas soluciones uno de los quelatos férricos como EDDHA (Ultraferro), que protegen al hierro y lo hacen solubles, disponible y asimilables para las plantas, con mayor eficiencia que las sales férricas, agentes complejantes u otros agentes quelantes (EDTA, DTPA, etc).

La balanceada formulacion de Ultra Ferrò equilibra la presencia de los dos isòmeros EDDHA reconocidos como agentes quelantes (Normativa Europea de Fertilizantes 2003).

El isòmero orto-para liberar mas rapidamente el hierro que el isòmero orto – orto, esto provoca la mayor rapidez de accion y efecto de choque. Ademas el elevado contenido en el isomero orto – orto garantiza la maxima estabilidad y persistencia del producto en el suelo.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PRODUCTO

DESCRIPCIÓN GENERAL	
<i>Caducidad (Meses)</i>	48
<i>Composición</i>	Etilendiamino N-N'-bis-2-hidroxifenilacetato de Hierro
<i>Aspecto</i>	Microgránulo
<i>Color</i>	Rojo oscuro
<i>Observaciones</i>	-

VALORES TÍPICOS FÍSICO-QUÍMICOS					
Parámetro	Unid.	Valor Típico	Desviación admitida		Método
			Máxima	Mínima	
Densidad aparente (25°C)	g/cc	0,54	0,63	0,46	
pH (1 % disolución acuosa)	N/A	8,5	9,7	7,5	Orden 1-12-1981, 6
pH Rango de estab. De la fracción quelada	N/A		11,0	3,0	
CE (1 % disolución acuosa)	mS/cm	4,67			UNE-EN 13038
Solubilidad (25°C)	g/l	60,0			
Materia Seca	%	96,60			Orden 17-09-1981, 2

VALORES GARANTIZADOS					
Parámetro	Unid.	Valor Típico	Desviación admitida		Método
			Máxima	Mínima	
Hierro soluble en agua (Fe)	% p/p	6,00		5,60	R.E 2003/2003, 9.8
Hierro quelado por EDDHA posición orto-orto (Fe)	% p/p	4,20		3,80	EN 13368-2

Zintrac 700

Zintrac 700 es una formulación fluida Zinc altamente concentrada que contiene 8-10 veces más Zinc que un quelato líquido típico y 3-4 veces más que la de los líquidos basados en sulfatos y nitratos.

Nutrientes

Zn 700 g/l.

8.7 Descripción de la variedad de quinua (Por Luis Zuta Dávila)

Grano de oro, nueva variedad de quinua “Atipaq” generada por el INIA en Puno.

Destaca por su alto rendimiento, aporte nutricional y soporta estrés hídrico provocado por el cambio climático

La nueva variedad de quinua INIA 446 Atipaq, destaca por su alto rendimiento y capacidad productiva, notable aporte nutricional y mejor resistencia al estrés hídrico provocado en la agricultura por el cambio climático, ha sido desarrollada con éxito por investigadores del Instituto Nacional de Innovación Agraria en la Estación Experimental Agraria ILLPA-Puno.

Esta nueva variedad de quinua, el “grano de oro de los incas”, denominada **INIA 446 Atipaq** (palabra quechua que significa “Vencedor” y “Poderoso”), es el resultado del método de mejoramiento genético aplicado por el INIA, organismo del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) en un largo proceso de estudio y liberación que demandó seis años.

El ingeniero y Ph. D. Jesús Arcos Pineda, investigador del **Programa Nacional de Innovación en Cultivos Andinos** del INIA y líder del equipo de científicos que generó esta nueva variedad de quinua, señaló que al ponerla en manos de los pequeños y medianos productores de este superalimento, se contribuye no solo a incrementar su rentabilidad económica en más del 60% sino también a fortalecer la seguridad alimentaria del Perú.

Características de la quinua INIA 446 Atipaq

Esta nueva variedad de quinua es el resultado del **cruce de 17 líneas genéticas** provenientes de colecciones seleccionadas de localidades productoras de quinua de la zona altiplánica de Puno. Indicó que, mediante el método, denominado ‘**compuestos genéticos**’ se fue mezclando las 17 líneas genéticas y seleccionando los mejores ejemplares de los cruces hasta obtener la nueva variedad a la que se bautizó con el nombre de **INIA 446 Atipaq**.



Entre las características morfológicas de esta nueva variedad de quinua figura su grano grande de color blanco que tiene un diámetro de 2 milímetros, superior a otras variedades cuyo diámetro es de 1.5 milímetros. La planta alcanza una altura de va de 1.18 a 1.27 metros, la longitud de su panoja o racimo ramificado es grande llegando a tener 42 centímetros y un diámetro de hasta 11 centímetros, con una densidad media de racimo. Asimismo, tiene un tallo con estrías o rayas de color verde, las hojas son grandes y de color verde oscuro, las flores son amarillas y abundantes.

Alto rendimiento

INIA 446 Atipaq ofrece un rendimiento de 3 a 4 toneladas por hectárea, superando en un 30% a las demás variedades; es tolerante a las principales plagas y enfermedades como el mildiu, lo que favorece a la economía del productor. Solo necesita de 450 a 520 milímetros de agua para su desarrollo vegetativo, lo que la hace resistente a la sequía o estrés hídrico. Su período vegetativo es de 150 a 160 días y ofrece granos de buena textura y tamaño.

Se adapta muy bien a condiciones agroecológicas de la región altiplánica del Perú y en altitudes de 2,500 a 4,200 metros sobre el nivel del mar, con precipitaciones pluviales de 520 milímetros por año.

Superalimento

Arcos Pineda subrayó que la buena composición genética del **INIA 446 Atipaq** le permite concentrar altos contenidos de **aminoácidos esenciales** como lisina, metionina, trionina, triptófano y antocianina, que son poderosos antioxidantes que fortalecen el sistema inmune y el funcionamiento del organismo para prevenir diversas enfermedades, entre ellas el cáncer.

Del mismo modo aporta proteínas y minerales como **hierro, zinc y calcio**, que son esenciales para combatir la anemia y la desnutrición, así como fortalecer los sistemas muscular, óseo y nervioso principalmente.



“Por estas características, la nueva variedad de quinoa **INIA 446 Atipaq** se convierte en una buena alternativa para que los productores de quinoa puedan mejorar la calidad y competitividad agrícola en los diferentes mercados, contribuir con la seguridad alimentaria y favorecer la buena alimentación de las personas”, enfatizó Arcos Pineda.

Perú, primer productor mundial de quinoa

El Perú es el principal exportador y productor mundial de quinoa. Comprende 65,280 hectáreas de cultivos y con una producción de 89,775 toneladas, conforme a registros del MIDAGRI del año 2019.

Regiones productoras

Las principales regiones productoras de quinoa son Puno (44% del total nacional), Ayacucho (17.6%), Apurímac (12.6%), Arequipa (9.4%), Cusco (4.7%), Junín (3.9%), Huancavelica (2.5%), La Libertad (1.7%), Cajamarca (1.3%) y otros (2.3%).

8.5 Panel fotográfico



Fig. 6 Siembra de quinua



Fig. 7: Emergencia de plantas



Fig. 8: Planta de quinua a los 45 días



Fig. 9: Aplicación fitosanitaria



Fig.10: Inicio de botoneo



Fig. 11: Desarrollo de panoja



Fig. 12: Inicio de maduración de panoja



Fig. 13: Panoja antes de cosecha