

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN COBERTERA Y DOSIS DE
MICRONUTRIENTES POR FERTIRRIEGO EN LA PRODUCCIÓN DE
CILANTRO (*Coriandrum sativum* L.) K'AYRA – CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. MADIJEANS ROXANA QUISPE TUIRO

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO AGRÓNOMO**

ASESOR

Dr. RICARDO GONZALES QUISPE

CUSCO – PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** RICARDO GONZALES QUISPE
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: "NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN COBERTERA
Y DOSIS DE MICRONUTRIENTES POR FERTIRRIEGO EN LA PRODUCCIÓN
DE CILANTRO (Coriandrum sativum L.) KAYRA- CUSCO
.....

Presentado por: MADIJEANS ROXANA QUISPE TURO DNI N° 70815625;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO AGRONOMO
.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de
Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 6 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<u>X</u>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto**
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 31 de OCTUBRE de 2025


Firma

Post firma RICARDO GONZALES QUISPE

Nro. de DNI 23903799

ORCID del Asesor 0000-0003-0227-8770

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:520305939

MADIJEANS ROXANA QUISPE TUIRO

NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN COBERTERA Y DOSIS DE MICRONUTRIENTES POR FERTIRRIEGO EN LA PRODUCCIÓN ...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:520305939

Fecha de entrega

29 oct 2025, 10:58 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

29 oct 2025, 11:17 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS FINAL ING RICGQ.docx

Tamaño del archivo

9.3 MB

118 páginas

29.698 palabras

149.367 caracteres

6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 25 palabras)

Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a Dios quien supo guiarme por buen camino, darme fuerzas para continuar y no desmayar en los problemas que se me presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis Padres Juan Quispe Bolaños, gracias por tanto apoyo y por seguir orientando mis pasos, porque eres la motivación de mi vida, mi orgullo de ser y lo que seré, gracias papá. Roxana Tuiro Mantilla, por darme la vida quererme mucho, creer en mí que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos, los amo.

A mi hija Camila Valentina, mi amada hija, mi razón de ser y el más bello regalo que la vida me ha dado. Gracias por iluminar mis días con tu ternura y por darme la fuerza que necesito en los momentos más difíciles, cada logro alcanzado, cada meta cumplida, lleva grabado tu nombre, porque eres y siempre serás mi mayor inspiración este triunfo es para ti, mi amor eterno, la razón de todos mis esfuerzos y mi más grande orgullo.

A mi esposo, Samuel Mora Oviedo quien con su amor, comprensión y palabras de aliento me impulsó a continuar cuando el camino parecía difícil, gracias por ser mi refugio y mi mayor motivación, este logro es tan tuyo como mío.

A mis hermanos: Jean Carlos, Myluz y Misolimeth por estar conmigo, apoyarme siempre y ser la motivación de mi vida porque su apoyo, su alegría y su fuerza siempre me inspiraron a seguir adelante y a mis pequeños sobrinos Jean Abdiel, Juan Caleb, Ángeles y Amira.

A Cipriana Bolaños Saavedra (QEPD) por el tiempo que estuviste a mi lado, compartiendo tus experiencias. Gracias por haber sido mi ejemplo de ternura, fortaleza y sabiduría, esto también te lo debo a ti amada abuela y tu recuerdo vive en mi corazón y en cada logro que alcanzo.

Gracias también a mi amada Alma Máter UNSAAC que me abrió las puertas para formarme como profesional y todos los conocimientos adquiridos y en el transcurso conocer a mis queridos amigos que me apoyaron y permitieron entrar en su vida durante mi etapa de estudiante universitaria: Rocío Huallpa y Jessica Barreto.

AGRADECIMIENTO

Eterno agradecimiento a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, en especial a la Facultad de Agronomía Zootecnia, Escuela Profesional de Agronomía y a todos mis docentes que fueron parte de mi formación profesional, durante mi etapa estudiantil.

Del mismo modo el agradecimiento a mi asesor Dr. Ricardo Gonzales Quispe por su apoyo incondicional para la realización de mi trabajo de tesis.

Un agradecimiento al Centro de Investigación en Suelos y Abonos (CISA), de la Facultad de Ciencias Agrarias por brindarme todo la infraestructura y campo experimental donde se llevó a cabo la presente investigación.

A mis compañeros de estudio que me apoyaron durante la ejecución del trabajo en campo experimental.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Identificación del problema objeto de investigación.....	1
1.2. Planteamiento del problema	1
1.2.1. Problema general.....	1
1.2.2. Problemas específicos	1
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
2.3. Justificación	2
III. HIPÓTESIS	4
3.1. Hipótesis general	4
3.2. Hipótesis específicas	4
IV. MARCO TEÓRICO	5
4.1. Antecedentes de la investigación	5
4.2. Bases teóricas	7
4.2.1. Cultivo de cilantro.....	7
4.2.2. Nutrición mineral	12
4.3. Definición de términos básicos	20
4.3.1. Urea	20
4.3.2. Aplicación de fertilizante en cobertera	21
4.3.3. Ley de Liebig.....	21
4.3.4. Prueba no paramétrica de Friedman.....	21
4.3.5. Prueba no paramétrica de Wilcoxon	22
V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	23
5.1. Tipo de investigación	23
5.2. Ubicación temporal	23
5.3. Ubicación de la parcela experimental.....	23

5.3.1.	Ubicación Política.....	23
5.3.2.	Ubicación Geográfica.....	23
5.3.3.	Ubicación Hidrográfica.....	23
5.3.4.	Ubicación ecológica	23
5.4.	Métodos.....	25
5.4.1.	Diseño experimental.	25
5.4.2.	Factores y niveles evaluados.....	25
5.4.3.	Tratamientos	25
5.4.4.	Características del campo experimental	26
5.4.5.	Conducción del cultivo	28
5.4.6.	Evaluaciones.....	35
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
6.1.	Peso fresco de follaje	39
6.2.	Peso seco de follaje.....	48
6.3.	Altura de planta (cm)	57
6.4.	Peso fresco de raíces	64
6.5.	Peso seco de raíces	73
6.6.	Longitud de raíz.....	82
VII.	CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.....	91
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	93
	ANEXO 01: RESULTADO DE ANÁLISIS DE SUELO	96
	ANEXO 02: PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR CANTIDAD DE FERTILIZANTE POR HECTÁREA	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tratamientos	25
Tabla 2: Cantidad de micronutriente por unidad experimental y hectárea – dosis de 4 ml/litro de agua	34
Tabla 3: Cantidad de micronutriente por unidad experimental y hectárea - dosis de 8 ml/litro de agua	34
Tabla 4: Peso fresco de follaje por área neta de evaluación de 1.26 m ² (kg/parcela)	39
Tabla 5: Peso fresco de follaje proyectado a una hectárea (t/ha)	39
Tabla 6: Estadísticos de tendencia central y dispersión - Peso fresco de follaje (t/ha)	39
Tabla 7: Prueba de normalidad para peso fresco de follaje (t/ha) - Método Shapiro-Wilk	40
Tabla 8: Análisis de varianza para tratamientos– Método Friedman	41
Tabla 9: Prueba de comparación de tratamientos – Método Friedman	41
Tabla 10: Matriz de significancia al 95% de confianza – Método Friedman	43
Tabla 11: Datos ordenados para niveles de fertilización (factor A) – Peso fresco de follaje (t/ha)	43
Tabla 12: Análisis de varianza para el factor nivel de fertilización (A)– Método Friedman	44
Tabla 13: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo (0-0-0) y nivel medio (60-0-0) – Peso fresco de follaje	44
Tabla 14: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo (0-0-0) y nivel alto (100-0-0) – Peso fresco de follaje	45
Tabla 15: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel medio (0-0-0) y nivel alto (100-0-0) – Peso fresco de follaje	45
Tabla 16: Datos ordenados para dosis de solución nutritiva (factor B) – Peso fresco de follaje (t/ha)	45
Tabla 17: Análisis de varianza para el factor nivel de solución nutritiva (B)– Método Friedman	46
Tabla 18: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis de solución nutritiva baja (0 ml/litro de agua) con dosis de solución nutritiva media (4 ml/litro de agua)– Peso fresco de follaje	46

Tabla 19: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis de solución nutritiva baja (0 ml/litro de agua) con dosis de solución nutritiva alta (8 ml/litro de agua)– Peso fresco de follaje	47
Tabla 20: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis de solución nutritiva medio (4 ml/litro de agua) con dosis de solución nutritiva alta (8 ml/litro de agua)– Peso fresco de follaje	47
Tabla 21: Peso seco de follaje (t/ha).....	48
Tabla 22: Estadísticos de tendencia central y dispersión - Peso seco de follaje (t/ha).....	48
Tabla 23: Prueba de normalidad para peso seco de follaje (t/ha) - Método Shapiro-Wilk.....	49
Tabla 24: Análisis de varianza para tratamientos– Método Friedman	50
Tabla 25: Prueba de comparación de tratamientos – Método Friedman	50
Tabla 26: Matriz de significancia al 95% de confianza – Método Friedman.....	52
Tabla 27: Datos ordenados para niveles de fertilización (factor A) – Peso seco de follaje (t/ha).....	52
Tabla 28: Análisis de varianza para el factor nivel de fertilización (A)– Método Friedman	53
Tabla 29: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel de fertilización baja (0-0-0) y nivel de fertilización media (60-0-0) – Peso seco de follaje	53
Tabla 30: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel de fertilización baja (0-0-0) y nivel de fertilización alto (100-0-0) – Peso seco de follaje	54
Tabla 31: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel de fertilización medio (60-0-0) y nivel de fertilización alto (100-0-0) – Peso seco de follaje	54
Tabla 32: Datos ordenados para dosis de solución nutritiva (factor B) – Peso seco de follaje (t/ha).....	54
Tabla 33: Análisis de varianza para el factor nivel de solución nutritiva (B)– Método Friedman	55
Tabla 34: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis baja de solución nutritiva (0 ml/litro de agua) y dosis media de solución nutritiva (4 ml/litro de agua) – Peso seco de follaje	55
Tabla 35: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis baja de solución nutritiva (0 ml/litro de agua) y dosis alta de solución nutritiva (8 ml/litro de agua) – Peso seco de follaje	56

Tabla 36: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis media de solución nutritiva (4 ml/litro de agua) y dosis alta de solución nutritiva (8 ml/litro de agua) – Peso seco de follaje	56
Tabla 37: Altura de planta (cm).....	57
Tabla 38: Estadísticos de tendencia central y dispersión - Altura de planta (cm) 57	
Tabla 39: Prueba de normalidad para altura de planta (cm) - Método Shapiro-Wilk	58
Tabla 40: Auxiliar Nivel de fertilización (A) x Dosis de micronutriente (B).....	59
Tabla 41: Análisis de varianza - Altura de planta (cm).....	59
Tabla 42: Prueba de Tukey para nivel de fertilización (A) - Altura de planta (cm) 60	
Tabla 43: Prueba de Tukey para dosis de micronutriente (B) - Altura de planta (cm).....	60
Tabla 44: Análisis de varianza auxiliar para interacción nivel de fertilización (A) por dosis de micronutriente (B) - Altura de planta (cm).....	61
Tabla 45: Prueba de Tukey para nivel de fertilización (A) en 0 ml/litro de agua de micronutriente (b_1) - Altura de planta (cm).....	61
Tabla 46: Prueba de Tukey para nivel de fertilización (A) en 4 ml/litro de agua de micronutriente (b_2) - Altura de planta (cm).....	62
Tabla 47: Prueba de Tukey para nivel de fertilización (A) en 8 ml/litro de agua de micronutriente (b_3) - Altura de planta (cm).....	63
Tabla 48: Peso fresco de raíces (t/ha)	64
Tabla 49: Estadísticos de tendencia central y dispersión - Peso fresco de raíces (t/ha).....	64
Tabla 50: Prueba de normalidad para peso fresco de raíces (t/ha) - Método Shapiro-Wilk	65
Tabla 51: Análisis de varianza para tratamientos– Método Friedman	66
Tabla 52: Prueba de comparación de tratamientos – Método Friedman	66
Tabla 53: Matriz de significancia al 95% de confianza – Método Friedman.....	67
Tabla 54: Datos ordenados para niveles de fertilización (factor A) – Peso fresco de raíces (t/ha)	68
Tabla 55: Análisis de varianza para el factor nivel de fertilización (A)– Método Friedman	69
Tabla 56: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo de fertilización (0-0-0) y nivel medio de fertilización (60-0-0) – Peso fresco de raíces.....	69

Tabla 56: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo de fertilización (0-0-0) y nivel alto de fertilización (60-0-0) – Peso fresco de raíces.....	70
Tabla 56: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel medio de fertilización (6-0-0) y nivel alto de fertilización (100-0-0) – Peso fresco de raíces	70
Tabla 59: Datos ordenados para dosis de solución nutritiva (factor B) – Peso fresco de raíces (t/ha)	70
Tabla 60: Análisis de varianza para el factor nivel de solución nutritiva (B)– Método Friedman	71
Tabla 61: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel baja de solución nutritiva (0 ml/litro de agua) y nivel medio de solución nutritiva (4 ml/litro de agua) – Peso fresco de raíces.....	71
Tabla 62: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel baja de solución nutritiva (0 ml/litro de agua) y nivel alto de solución nutritiva (8 ml/litro de agua) – Peso fresco de raíces.....	72
Tabla 63: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel medio de solución nutritiva (60 ml/litro de agua) y nivel alto de solución nutritiva (8 ml/litro de agua) – Peso fresco de raíces.....	72
Tabla 64: Peso seco de raíces (t/ha)	73
Tabla 65: Estadísticos de tendencia central y dispersión - Peso seco de raíces (t/ha).....	73
Tabla 66: Prueba de normalidad para peso seco de raíces (t/ha) - Método Shapiro-Wilk	74
Tabla 67: Análisis de varianza para tratamientos – Método Friedman	75
Tabla 68: Prueba de comparación de tratamientos – Método Friedman	75
Tabla 69: Matriz de significancia al 95% de confianza – Método Friedman.....	77
Tabla 70: Datos ordenados para niveles de fertilización (factor A) – Peso seco de raíces (t/ha)	77
Tabla 71: Análisis de varianza para el factor nivel de fertilización (A)– Método Friedman	78
Tabla 72: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo de fertilización (0-0-0) y nivel de fertilización medio (60-0-0)– Peso seco de raíces.....	78
Tabla 73: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo de fertilización (0-0-0) y nivel de fertilización alto (100-0-0)– Peso seco de raíces.....	79

Tabla 74: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel medio de fertilización (0-0-0) y nivel de fertilización alto (60-0-0)– Peso seco de raíces	79
Tabla 75: Datos ordenados para dosis de solución nutritiva (factor B) – Peso seco de raíces (t/ha).....	79
Tabla 76: Análisis de varianza para el factor dosis de solución nutritiva (B)– Método Friedman	80
Tabla 77: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo de solución nutritiva (0 ml/litro de agua) y nivel medio de solución nutritiva (4 ml/litro de agua) – Peso seco de raíces	80
Tabla 78: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo de solución nutritiva (0 ml/litro de agua) y nivel alto de solución nutritiva (8 ml/litro de agua) – Peso seco de raíces	81
Tabla 78: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel medio de solución nutritiva (4 ml/litro de agua) y nivel alto de solución nutritiva (8 ml/litro de agua) – Peso seco de raíces	81
Tabla 80: Longitud de raíz (cm)	82
Tabla 81: Estadísticos de tendencia central y dispersión - Longitud de raíz (cm)	82
Tabla 82: Prueba de normalidad para longitud de raíz (cm) - Método Shapiro-Wilk	83
Tabla 83: Análisis de varianza para tratamientos – Método Friedman	84
Tabla 84: Prueba de comparación de tratamientos – Método Friedman	84
Tabla 85: Matriz de significancia al 95% de confianza – Método Friedman.....	85
Tabla 86: Datos ordenados para niveles de fertilización (factor A) – Longitud de raíz (cm)	86
Tabla 87: Análisis de varianza para el factor nivel de fertilización (A)– Método Friedman	87
Tabla 88: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo de fertilización (0-0-0) y nivel medio de fertilización (60-0-0) – Longitud de raíz.....	87
Tabla 88: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo de fertilización (0-0-0) y nivel alto de fertilización (100-0-0) – Longitud de raíz.....	88
Tabla 88: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel medio de fertilización (60-0-0) y nivel alto de fertilización (100-0-0) – Longitud de raíz.....	88
Tabla 91: Datos ordenados para dosis de solución nutritiva (factor B) – Longitud de raíz (cm)	88

Tabla 92: Análisis de varianza para el factor dosis de solución nutritiva (B)– Método Friedman	89
Tabla 93: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis baja de solución nutritiva (0 ml/litro de agua) y dosis media de solución nutritiva (4 ml/litro de agua)– Longitud de raíz	89
Tabla 93: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis baja de solución nutritiva (0 ml/litro de agua) y dosis alta de solución nutritiva (8 ml/litro de agua)– Longitud de raíz.....	90
Tabla 93: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis media de solución nutritiva (4 ml/litro de agua) y dosis alta de solución nutritiva (8 ml/litro de agua)– Longitud de raíz.....	90
Tabla 65: Eficiencia de los fertilizantes	100

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Croquis del campo experimental.....	27
Figura 2: Croquis de la unidad experimental.....	28
Figura 3: Preparación del campo experimental.....	28
Figura 4: Trazado del campo experimental.....	29
Figura 5: Siembra de cilantro.....	30
Figura 6: Control manual de malezas.....	30
Figura 7: Instalación de portalaterales con manguera de polietileno.....	31
Figura 8: Riego por goteo.....	32
Figura 9: Aplicación de fertilizante en cobertera.....	32
Figura 10: Dosificación de solución nutritiva.....	33
Figura 11: Aplicación de micronutriente (Solución B La Molina).....	33
Figura 12: Cosecha de cilantro.....	35
Figura 13: Cilantro en estado de evaluación.....	35
Figura 14: Evaluación de peso fresco de follaje de cilantro.....	36
Figura 15: Evaluación de altura de planta.....	37
Figura 16: Evaluación de peso fresco de raíces de cilantro.....	37
Figura 17: Peso fresco de follaje (t/ha).....	40
Figura 18: Prueba de normalidad para peso fresco de follaje (t/ha) - Método Shapiro-Wilk.....	40
Figura 19: Peso seco de follaje (t/ha).....	49
Figura 20: Prueba de normalidad para peso seco de follaje (t/ha) - Método Shapiro-Wilk.....	49
Figura 21: Altura de planta (cm).....	58
Figura 22: Prueba de normalidad para altura de planta (t/ha) - Método Shapiro-Wilk.....	58
Figura 23: Nivel de fertilización - Altura de planta (cm).....	60
Figura 24: Dosis de micronutriente - Altura de planta (cm).....	60
Figura 25: Nivel de fertilización en 0 ml/litro de agua de micronutriente - Peso seco de follaje (t/ha).....	62
Figura 26: Nivel de fertilización en 4 ml/litro de agua de micronutriente - Peso seco de follaje (t/ha).....	63
Figura 27: Nivel de fertilización en 8 ml/litro de agua de micronutriente – altura de planta (cm).....	63

Figura 28: Peso fresco de raíces (t/ha)	64
Figura 29: Prueba de normalidad para peso fresco de raíces (t/ha) - Método Shapiro-Wilk	65
Figura 30: Peso seco de raíces (t/ha)	74
Figura 31: Prueba de normalidad para peso seco de raíces (t/ha) - Método Shapiro-Wilk	74
Figura 32: Longitud de raíz (cm)	82
Figura 33: Prueba de normalidad para longitud de raíz (cm) - Método Shapiro-Wilk	83

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Niveles de fertilización en cobertera y dosis de micronutrientes por fertirriego en la producción de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) K’ayra – Cusco” se realizó en la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, entre mayo y setiembre de 2017. El objetivo fue determinar el efecto de distintos niveles de fertilización en cobertera y dosis de micronutrientes en la producción del cultivo de cilantro bajo las condiciones del Centro Agronómico K’ayra.

Se evaluaron tres niveles de fertilización (100-0-0, 60-0-0 y 0-0-0) y tres dosis de micronutrientes (0, 4 y 8 ml/L de agua), empleando un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 3A x 3B, conformado por nueve tratamientos y cuatro repeticiones (36 unidades experimentales).

Los resultados mostraron diferencias significativas al 95% de confianza en todas las variables evaluadas. El tratamiento 9 (100-0-0 + 8 ml/L de agua) obtuvo los mejores promedios para peso fresco de follaje (95.75 t/ha), peso seco de follaje (19.15 t/ha), peso fresco de raíces (53.09 t/ha), peso seco de raíces (15.93 t/ha) y longitud de raíz (21.25 cm). Asimismo, el nivel de fertilización 100-0-0 y la dosis de 8 ml/L de micronutrientes presentaron los mayores rendimientos en comparación con los demás tratamientos.

En conclusión, la combinación de una fertilización completa (100-0-0) y una dosis de 8 ml/L de micronutrientes por fertirriego favorece significativamente la producción y desarrollo del cultivo de cilantro en las condiciones del Centro Agronómico K’ayra, San Jerónimo – Cusco.

PALABRAS CLAVE: Cilantro, Fertilización, Fertirriego, Micronutrientes.

INTRODUCCIÓN

El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) es una especie aromática de gran importancia en la dieta alimenticia, se consume en muchos platos tradicionales como ensaladas, salsas y platos de carne, una característica adicional es su propiedad antibacteriana, actuando como barrera natural al ser utilizado en fresco sobre los alimentos; tiene también propiedades medicinales facilitando la digestión, eliminando gases del sistema digestivo, tonificando el sistema nervioso en enfermedades infecciosas, incluso puede ser utilizado como fungicida, antiinflamatorio y analgésico por vía externa, por las razones anteriores el cultivo de este especie es muy importante en el país y la región.

Los nutrientes minerales son de gran importancia en el cultivo del cilantro, especialmente el nitrógeno, cuando el objeto del cultivo son las hojas, debido a que este elemento mineral es esencial en la formación de biomasa vegetal, al participar en un gran número de procesos fisiológicos que están involucrados en la división celular y en el alongamiento. La urea, fuente de nitrógeno, en el cultivo de cilantro se puede aplicar en forma de cobertera, es decir distribuyendo el fertilizante sobre las plantas en pleno crecimiento para reducir la pérdida del producto por volatilización o percolación. Por otro lado, el uso de micronutrientes en el cultivo de cilantro es también de gran importancia, ya que limita el rendimiento. Los micronutrientes pueden aplicarse en forma foliar o diluido con agua a través de la técnica conocida como fertirrigación.

En la presente investigación se determinó el efecto que tiene los niveles de fertilización y la dosis de micronutrientes, utilizando urea como fuente de nitrógeno, aplicado en cobertera y la solución nutritiva B La Molina como fuente de micronutrientes, sobre el crecimiento de la parte foliar expresado como peso de forraje fresco y seco por hectárea y altura de planta, así como el efecto que tiene sobre el crecimiento del sistema radicular expresado como peso fresco y seco de raíces por hectárea y la longitud de la raíz principal por planta.

El autor

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema objeto de investigación

La producción comercial del cilantro en la región Cusco, presenta bajo rendimiento, debido a varias causas: uso de variedades con bajo potencial de rendimiento, siembra de semilla no certificada y de baja calidad, labores de cultivo no adecuados, prácticas deficientes de fertilización, esta última causa se debe al desconocimiento que tienen los productores de los niveles de fertilización y las dosis correctas de micronutrientes. Todas estas causas al generar bajo rendimiento del cultivo, provocan la reducción de la rentabilidad y como efecto final la disminución de los ingresos económicos de los productores dedicados al cultivo comercial de cilantro. Para mejorar el rendimiento del cilantro, es necesario, generar un paquete tecnológico del cultivo que sea adecuado para la región, dentro de este contexto se debe investigar, el efecto que tienen los niveles de fertilización en cobertera y las dosis de micronutrientes diluidos en agua y aplicados por fertirrigación en la producción de la parte foliar y radicular del cilantro.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto del nivel de fertilización en cobertera y la dosis de micronutriente, en la producción del cultivo de cilantro, en condiciones del Centro Agronómico K'ayra, San Jerónimo - Cusco?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Qué efecto tiene el nivel de fertilización en cobertera y la dosis de micronutriente en el peso fresco y seco del follaje y en la altura de planta del cilantro en condiciones del Centro Agronómico K'ayra, San Jerónimo - Cusco?
2. ¿Cuál es el efecto del nivel de fertilización en cobertera y la dosis de micronutriente en el peso fresco y seco de raíces y en la longitud de raíz del cilantro, en condiciones del Centro Agronómico K'ayra, San Jerónimo - Cusco?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivo general

Determinar el efecto del nivel de fertilización en cobertera y la dosis de micronutriente, en la producción del cultivo de cilantro, en condiciones del Centro Agronómico K'ayra, San Jerónimo - Cusco.

2.2. Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto que tiene el nivel de fertilización en cobertera y la dosis de micronutriente en el peso fresco y seco del follaje y en la altura de planta del cilantro en condiciones del Centro Agronómico K'ayra, San Jerónimo - Cusco.
2. Determinar el efecto del nivel de fertilización en cobertera y la dosis de micronutriente en el peso fresco y seco de raíces y en la longitud de raíz del cilantro, en condiciones del Centro Agronómico K'ayra, San Jerónimo - Cusco.

2.3. Justificación

El cilantro es una especie aromática cuya parte comercial son las hojas, es comercializado en forma de atados y utilizado en la preparación de múltiples platos tradicionales. El crecimiento de las hojas depende del proceso fotosintético, el cual a su vez depende en gran medida de la nutrición mineral balanceada y bien aplicada, motivo por el cual, es de gran importancia investigar sobre el efecto que tiene el nivel de fertilización en cobertera y las dosis de micronutrientes diluido en agua y aplicado por fertirrigación a través de un sistema de riego por goteo, sobre el crecimiento de la parte aérea del cilantro, evaluado como peso fresco y seco del follaje y expresado en toneladas por hectárea, es importante también evaluar el efecto sobre la altura de planta, al ser este un indicador del tamaño del follaje.

El sistema radicular del cilantro influye en el crecimiento de la parte foliar del cultivo y con ello en el rendimiento final, ya que suministra los elementos minerales necesarios y el agua para todos los procesos fisiológicos, un sistema radicular abundante y bien desarrollado asegura generalmente una planta con la parte aérea bien desarrollada, y en el caso de cilantro con mayor rendimiento del follaje, razón

por la cual, fue importante investigar el efecto que tiene el nivel de fertilización en cobertura y la dosis de micronutriente aplicado disuelto en agua por fertirrigación a través de un sistema de riego por goteo, en el crecimiento del sistema radicular evaluado como peso fresco y seco de raíces; expresado como toneladas por hectárea, es importante también determinar el efecto que tiene sobre la longitud de la raíz, al ser un indicador del crecimiento radicular del cilantro.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

Al menos uno de los niveles de fertilización en cobertera y dosis de micronutriente aplicado en la etapa de crecimiento mejora la producción del cilantro, cultivada en condiciones del Centro Agronómico K'ayra, San Jerónimo - Cusco.

3.2. Hipótesis específicas

1. El nivel de fertilización de 100-0-0 y la dosis de micronutriente de 8 ml/litro de agua aplicado en la etapa de crecimiento permite obtener el mayor peso fresco y seco del follaje y la mejor altura de planta del cilantro en condiciones del Centro Agronómico K'ayra, San Jerónimo – Cusco.
2. El nivel de fertilización de 100-0-0 y la dosis de micronutriente de 4 ml/litro de agua, aplicado en la etapa de crecimiento permite obtener el mejor peso fresco y seco de raíces y la mayor longitud de raíz por planta del cilantro, en condiciones del Centro Agronómico K'ayra, San Jerónimo – Cusco.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes de la investigación

Mejia et al., (2008), en la investigación “Respuesta fisiológica del cilantro a diferentes niveles de potasio y nitrógeno” realizado en la Universidad Nacional de Colombia, con el objetivo de evaluar la respuesta del cilantro cultivar Unapal-Precoso a diferentes niveles de nitrógeno y potasio, entre los resultados obtenidos se tiene: el tratamiento con alta concentración de potasio presentó rendimiento en biomasa significativamente mayor con 0.24 g/planta, el rendimiento menor se obtuvo con los tratamientos de menor concentración de potasio. No hubo diferencias significativas para los tratamientos con el elemento nitrógeno.

Yauri (2015), en la tesis “Evaluación de tres variedades de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) con tres opciones de fertilización” ejecutado en la Universidad de Guayaquil, con el objetivo de evaluar tres tipos de fertilización con tres variedades del cultivo de cilantro, fueron evaluados la fertilización orgánica, fertilización nitrogenada y fertilización con NPK. Entre los resultados se tiene: altura de planta promedio a los 30 días fue 13.52 cm, no hubo diferencias significativas para tipos de fertilización, altura de planta promedio a los 50 días fue 17.04 cm, no hubo diferencias significativas para tipos de fertilización. El peso de la planta promedio fue de 66.89 g/planta, hubo diferencias significativas para peso de planta. La longitud de raíz promedio fue de 8.78 cm, se presentaron diferencias significativas para tipos de fertilización, siendo el mejor la fertilización orgánica con 9.11 cm.

Alonso (2004), en la tesis “Efecto de la Aplicación de Composta, Lombricomposta y Biodigestados Líquidos en el Crecimiento, Rendimiento y Calidad de follaje en el Cultivo de Cilantro (*Coriandrum sativum*, L.).” realizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con el objetivo de evaluar la respuesta a la aplicación de diferentes fuentes orgánicas de fertilización, comparadas con la fuente de fertilización química en el cultivo de Cilantro, entre los tratamientos evaluados están los niveles de fertilización de 100-50-50 y 50-25-25. Entre los resultados se tiene: para la variedad marroquí a primer corte, altura de planta promedio 27.26 cm, peso fresco por planta promedio 15.93 g, peso seco por planta promedio 815 g, longitud de raíz 37.48 cm, a segundo corte altura de planta 24.67 cm, rendimiento 22.40

t/ha, se presentaron diferencias significativas para todos los indicadores anteriormente mencionados.

Cabrales & Ayala (2020), en la investigación “Respuesta del cilantro (*Coriandrum sativum* L.) a distintas proporciones de compost en condiciones semicontroladas en Córdoba – Colombia” realizada en la Universidad de Córdoba, fueron evaluados cinco tratamientos con diferentes porcentajes de abono orgánico, los resultados fueron los siguientes: el número de hojas por planta en el rango de 8.5 a 11.8 hojas, se presentaron diferencias significativas con respecto al testigo pero no entre los tratamientos con abono orgánico. La longitud de la hoja oscilo entre 13.8 y 27.8 cm, se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos y el testigo, pero no entre los tratamientos con materia orgánica. Los rendimientos oscilaron entre 6,629 y 20,868 kg/ha de la parte aérea con diferencias altamente significativas entre los tratamientos y el testigo, pero sin diferencias significativas entre los tratamientos con materia orgánica.

Guarachi (2018), en la tesis “Evaluación del efecto de biol y te de humus de lombriz como fertilizante en el desarrollo del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum*), bajo ambiente atemperado en el centro experimental de Cota Cota” realizado en la Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia, con el objetivo de evaluar el efecto de biol y te de humus de lombriz como fertilizante en el desarrollo del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum*) bajo ambiente atemperado en el centro experimental de Cota Cota, fueron evaluados biol y te de humus de lombriz, entre los resultados tenemos: la mejor altura de planta se presentó en biol con 52.25 cm, la mejor dosis de aplicación fue 65% con un promedio de 59.7 cm, el rendimiento a primera cosecha más alto se presentó en biol con 1.38 kg/m², mientras que el rendimiento más alto se presentó para la dosis de 60% con 1.8 kg/m². El mejor rendimiento a segunda cosecha se presentó en biol con un promedio de 1.44 kg/m², el mejor nivel fue 60% con un promedio de 1.9 kg/m².

4.2. Bases teóricas

4.2.1. Cultivo de cilantro

4.2.1.1. Origen y distribución del cilantro

Morales (1995), refiere que el cilantro es originario del sur de Europa y la margen este del mar Mediterráneo. Se ha encontrado semillas de cilantro en tumbas egipcias que datan de 900 a 1100 años A.C. sin embargo, su uso común en alimentos se encuentra en registros egipcios de 1550 años A.C. y en escritos de hace 2000 años de romanos y judíos. Según algunos historiados los romanos introdujeron su cultivo a Inglaterra a principios de la era cristiana. En Estados Unidos se cultiva el cilantro desde 1670. Los colonizadores españoles trajeron el cilantro a los territorios del Caribe, Centro y Sudamérica. Su nombre común deriva de la palabra griega “Koris” nombre dado a un insecto de olor fuerte debido al aroma intenso del cilantro.

4.2.1.2. Posición taxonómica

La posición taxonómica del cilantro según el sistema de clasificación de Cronquist (1981), es la siguiente:

Reyno:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Sub-clase:	Rosidae
Orden:	Apiales
Familia:	Apiaceae
Género:	Coriandrum
Especie:	<i>Coriandrum sativum L.</i>

4.2.1.3. Nombres comunes

Morales (1995) menciona que el cilantro toma otros nombres según la región en el cual se cultiva, entre ellos: culantro, cilantro espinoso, cilantro del monte, cilantro de coyote, recaó, yerba de sapo, entre otros.

4.2.1.4. Morfología

Raíz

Hernandez (2003), cita que el sistema radicular del cilantro es fino y simple. La raíz principal es axonomorfa, muy delgada y densamente ramificada, por lo que no se recomienda propagar el cilantro por trasplante. Guanotasig (2011) agrega que el sistema radicular, al inicio de su formación es muy delicada, pero cuando concluye su desarrollo, es robusto y abundante y permite un anclaje adecuado de la planta, tiene una alta capacidad de suministro de nutrientes minerales y agua.

Hojas

Morales (1995) indica que las hojas del cilantro presentan color verde claro, algunas veces oscuro, lámina foliar plana, pecíolos verdes o púrpura según variedad. Las primeras hojas en emerger son más redondeadas que las posteriores, sus bordes son profundamente dentados. La profundidad de la dentación se incrementa conforme crece la hoja, hasta tomar forma parecida a una cinta en la fase de floración.

Tallos

Hernandez (2003) menciona que el cilantro tiene tallo dicotómico, delgado, cilíndrico, hueco, suave, herbáceo y erecto, llega a medir hasta 90 cm de altura. Guarachi (2018) citando a Vallejo y Estrada (2004) agrega que el tallo es más o menos erecto o simpodial, con ramas laterales que nacen en los nudos basales, su crecimiento apical termina en una inflorescencia, el color es verde y puede algunas veces tornarse rojo o violeta, especialmente durante la floración. El tallo de la planta adulta es hueco y su parte basal puede tener hasta dos centímetros de diámetro.

Inflorescencia y flores

Vallejo & Estrada (2004) menciona que el cilantro presenta inflorescencia del tipo umbela compuesta, los radios pueden presentar bracteadas en sus bases, formando un involucre. La umbela puede presentar de dos a ocho radios primarios de diferentes longitudes. Según los mismos autores, las flores son protandras, es decir los estambres maduran antes que el pistilo, las flores centrales de la umbela son estaminadas y algunas veces estériles. Las flores periféricas de la umbela son asimétricas, mientras que, las flores centrales son circulares con pequeños pétalos

insertos. Los cinco sépalos del cáliz son de diferente tamaño y se ubican en la periferia de la flor. Los cinco pétalos son de color rosa pálido o algunas veces blanco, El ovario de la flor es infero. Los sacos poliníferos al inicio se encuentran ocultos entre los estambres al centro de la flor, después de dos o tres días de la apertura de la flor los sacos polínicos cambian su color y se tornan rosados o violetas, los filamentos se estrechan y los sacos se abren esparciendo el polen.

Frutos y semillas

Jeanglille (2008), citado por Guarachi (2018), refiere que el fruto del cilantro es un diaquenio de forma globosa, con diez costillas primarias longitudinales y ocho secundarias, formado por mericarpios fuertemente unidos, de color amarillo marrón, presenta olor suave y agradable y sabor fuerte y picante, contiene dos semillas, una por cada aquenio. Morales (1995), indica que las semillas del cilantro tiene un diámetro de tres a cinco milímetros, son de forma redondeada y con costillas o quillas verdes al inicio y marrones al madurar. La semilla tiende a desprenderse fácilmente de la planta y pierden viabilidad rápidamente, maduran en el mismo orden en que son producidas, y por ello la planta puede presentar semilla en diferentes grados de madurez.

4.2.1.5. Condiciones edafoclimáticas

Suelo

Morales (1987), citado por Alonso (2004), menciona que el cilantro es una planta poco exigente en la calidad del suelo, ya que puede desarrollar adecuadamente en una gran diversidad de suelos, sin embargo para obtener rendimiento elevado es necesario cultivar en suelos ligeros, profundos, fértiles, buena consistencia, alto contenido de materia orgánica y el pH óptimo es ligeramente ácido.

Temperatura

Kehr, et al., (2014) menciona que el cilantro requiere clima templado, sin embargo, la temperatura muy alta puede generar reducción notable del rendimiento, el crecimiento óptimo del cilantro puede presentarse en el rango de temperatura de 18 a 22 °C. Vallejo & Estrada (2004), agregan que los climas cálidos y frescos con temperaturas de 20 a 26°C favorecen el desarrollo del follaje con incremento en la

producción de materia fresca y seca, especialmente a nivel de hojas basales y tallos florales.

Fotoperiodo e iluminación

Morales (1995), refiere que el cilantro crece adecuadamente en alta intensidad de luz, si se remueve el ápice terminal del tallo la planta tiende a ramificar e incrementar la producción de follaje, por otro lado, los días largos y cálidos promueven la floración temprana, afectando severamente la producción de follaje, lo cual puede ser contraproducente si se cultiva con la finalidad de comercializar el follaje, pero es ventajoso cuando se produce para comercializar la semilla.

4.2.1.6. Fases fenológicas

López et al., (2014) mencionan las siguientes fases fenológicas del cilantro:

- Emergencia: la duración de esta fase es de dos semanas y varía según condición climática. Consiste en la emergencia de las hojas y su crecimiento inicial.
- Desarrollo de hojas: la duración de esta fase puede ser de tres a nueve semanas, es la fase en la cual se produce toda la masa foliar, es la fase en la cual se cosecha cuando el objeto del cultivo son las hojas.
- Elongación de tallo y formación de inflorescencia: tiene una duración de siete semanas, la duración exacta depende de las condiciones climáticas, en esta fase los tallos se alargan y se forman los ejes de la inflorescencia, se forman las flores y ocurre la antesis.
- Maduración de semillas: tiene una duración promedio de dos semanas, las semillas llegan a su madurez fisiológica.

4.2.1.7. Prácticas de cultivo

Preparación de suelo

Cásseres (1981), menciona que la condición física del suelo es un factor de gran importancia en la producción de un cultivo, ya que influye en la infiltración del agua, en la capacidad de retención de humedad, suministro de oxígeno a las raíces, temperatura del suelo, facilidad de crecimiento radicular entre otros procesos y es la razón por la cual, se realiza la preparación del suelo. Esta labor normalmente se ejecuta con tractor agrícola, provista de arado de discos o vertedera, debido a que

la aradura además de cortar, invertir el suelo y voltear las malezas, tiene la capacidad de granular el suelo. El autor mencionado recomienda realizar la aradura con humedad en capacidad de campo, y en suelo compactado es mejor utilizar subsolador o tractor provisto de cincel con la finalidad de roturar la capa dura.

Siembra

Morales (2005), citado por Guanotasig (2011), menciona que la cantidad de semilla utilizada por hectárea es de 20 a 25 kg, y que puede sembrarse al voleo o en camellones con dos a tres hileras por surco. Guarachi (2018) recomienda sembrar a chorro continuo a dos o tres hileras por cama, la cantidad de semilla recomendada es de 1.5 a 2.5 g/m² lo cual produce una población de 180 a 250 plantas por m².

Vallejo & Estrada (2004), menciona que la siembra del cilantro es directa, cuando la siembra se realiza en surcos sencillos la distancia entre ellas puede ser de 25 a 35 cm, cuando la siembra es en surcos multiples la separación entre hileras dobles puede ser de 10 a 15 cm, y entre cada grupo de dobles hileras la distancia debe ser de 25 a 35 cm, los surcos multiples pueden tener de cuatro a ocho hileras. Los autores recomiendan distribuir la semilla en el campo en forma uniforme, procurando colocar en promedio 70 semillas por metro lineal, a una profundidad que no supere los 5 mm, luego cubrir con suelo, sustrato o cobertura vegetal.

Control de malezas

Vallejo & Estrada (2004), citan que el cilantro no soporta la competencia de las malezas, siendo el periodo crítico, la emergencia de plántulas y el establecimiento del cultivo en las dos primeras semanas, una competencia severa en esta etapa genera retraso en el crecimiento e incluso puede quedar eliminada del campo. Debido a las razones anteriores, es necesario controlar las malezas en forma estricta en las dos primeras semanas del cultivo, combinando prácticas agronómicas que permitan promover la germinación rápida y uniforme e inhibiendo el crecimiento temprano de las malezas. El primer objetivo puede lograrse utilizando semilla de alta calidad, que posea alto poder germinativo y vigor, sembrando en forma uniforme y superficial en condiciones de humedad óptima. El segundo objetivo puede lograrse utilizando acolchados plásticos, control manual de malezas o utilizando herbicidas preemergentes.

Cosecha

Según Chavez (2016), la cosecha del cilantro se realiza cuando las plantas alcanzan un promedio de 25 a 30 cm de altura y su coloración del follaje es verde intenso, en meses de verano la cosecha puede realizarse de 60 a 65 días después de la siembra, mientras que, en meses invernales o de baja temperatura la cosecha puede ejecutarse de 120 a 125 días después de la siembra. Según el autor el rendimiento promedio es de 10 a 12 t/ha y el rendimiento en semilla puede variar de 1,200 a 1,500 kg/ha.

4.2.2. Nutrición mineral

4.2.2.1. Funciones de los elementos minerales esenciales

Nitrógeno

Perez (2014), menciona que el nitrógeno interviene en la formación de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila y hormonas vegetales, por lo que, una nutrición balanceada en este elemento estimula la formación de compuestos proteicos y con ello el desarrollo foliar de la planta.

Fósforo

Quiroga y Bono (2012), indican que el fósforo interviene en todos los procesos fisiológicos en los cuales existe transferencia energética, al ser parte constituyente del Adenosin Trifosfato (ATP), además de esta función principal, el fósforo conforma enzimas, ácidos nucleicos y proteínas, razón por la cual, participa en un gran número de procesos fisiológicos de la planta.

Potasio

Pérez (2014), menciona que el potasio participa en un gran número de procesos fisiológicos tales como: síntesis de proteínas, neutralización de aniones y grupos ácidos de macromoléculas orgánicas, activación de enzimas, regulación de presión osmótica, apertura y cierre de estomas, transporte de fotosintatos, absorción y reducción de nitratos, favorece formación de fibra y evita volcamientos, estimula formación de azúcares, almidones y aceites.

Calcio

Meléndez y Molina (2003); señalan que el calcio desempeña, a nivel de raíz, protección frente a la acidez, a los elementos tóxicos, la salinidad y al efecto del desbalance iónico en el suelo, es además un elemento estructural de la célula, al conformar la pared celular como pectato de calcio, por lo que, es de gran importancia en el crecimiento inicial de la planta.

Magnesio

Pérez (2014), indica que el magnesio interviene activamente en la formación del ATP al ser cofactor de la mayoría de las enzimas que participan en este proceso. Meléndez y Molina (2003), agrega que participa en la biosíntesis de la clorofila activando la enzima magnesio-quelataza y es parte estructural de la porfirina, siendo este el predecesor en la formación de clorofila.

Azufre

Pérez (2014), señala al azufre como parte esencial de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina, estos productos son esenciales en la formación de proteínas, las vitaminas biotina, tiamina, coenzima A y ferroxinas, los cuales, a su vez, intervienen activamente en procesos fisiológicos de transferencia de electrones y procesos fotosintéticos.

Boro

Sierra (2013), señala que este elemento participa en la síntesis de carbohidratos, es componente estructural de la pared celular y participa en la formación de los componentes de la pectina. Pérez (2014), refiere que el boro estimula el desarrollo de tejidos meristemáticos de hojas y raíces, participa en la formación del tubo polínico, influye directamente en la fotosíntesis y el metabolismo de las proteínas, participa en la absorción y transporte de fotosintatos, hidratación del protoplasma y síntesis de proteínas.

Hierro

Melendez y Molina (2003), señalan que el hierro es un activador enzimático en la síntesis de clorofila, esta ligado a la síntesis de fosfoproteínas férricas y fitoférricas,

citocromos, enzimas y grupos proteicos, de los cuales las más conocidas son las catalasas, peroxidasas y deshidrogenasas.

Manganeso

Pérez (2014), indica que el manganeso participa activamente en la síntesis de las auxinas, interviene también en la síntesis de vitaminas A, C y E, e importante en la producción de oxígeno durante la fotosíntesis, al oxidar el agua dentro de los cloroplastos y liberar hidrógeno, oxígeno y electrones.

Zinc

Sierra (2013), indica que el zinc participa en la formación del Ácido Indol Acético, fitohormona involucrada en la regulación de numerosos procesos fisiológicos. Meléndez y Molina (2003), señalan que este elemento es cofactor de varias enzimas, como la anhidrasa carbónica, deshidrogenasa, proteinasa y peptidasa. Pérez (2014), señala que el zinc regula las funciones del ácido Ribonucleico (ARN) e influye en los procesos de mitosis y evita la acumulación de nitratos en las hojas.

Cobre

Pérez (2014), indica que el cobre interviene en la síntesis de glucósidos, protidos, vitamina C y lignina, interviene también en procesos fisiológicos de la respiración y asimilación. Meléndez y Molina (2003), menciona que participa en la formación de clorofila, es componente de enzimas como fenolasas, lactasas, oxidasas del ácido ascórbico y promueve la formación de vitamina A.

Molibdeno

Meléndez y Molina (2003), señalan que el molibdeno es esencial en la síntesis de la enzima nitrato reductasa, el cual es fundamental para reducir el nitrato a amonio, en la síntesis de aminoácidos.

4.2.2.2. Síntomas de deficiencia de elementos minerales esenciales

- Nitrogeno: Sierra (2013), señala que los síntomas de deficiencia del nitrógeno más frecuentes en las hortalizas son, la clorosis generalizada de las hojas, los síntomas comienzan con las hojas viejas y en caso avanzados de deficiencia, las hojas basales pueden volverse amarillas, debido a la

traslocación del nitrógeno hacia las hojas superiores, el exceso de nitrógeno produce coloración verde intensa de las hojas, tono brillante y verde muy oscuro, puede generar retraso en la maduración.

- Fósforo: Sierra (2013), menciona como síntomas de deficiencia del fósforo general en hortalizas plantas pequeñas de color violáceo o morado, como consecuencia de la acumulación de antocianina, ya que un déficit de fósforo detiene el crecimiento celular. Un síntoma adicional mencionado por el autor es el color verde oscuro de la planta cuando comienza la deficiencia.
- Potasio: Sierra (2013), señala que la deficiencia severa de potasio produce plantas de hojas bronceadas, que tiende a formar puntos necróticos dispersos, los tallos son débiles y quebradizos, deficiencia moderada produce raíces de bajo calibre. Exceso de potasio induce deficiencia de magnesio y calcio.
- Calcio: Sierra (2013), mencionan que el calcio tiene escasa movilidad, especialmente el movimiento acropétalo, por lo cual, los síntomas de deficiencia se presentan en hojas jóvenes, la deficiencia produce inhibición del crecimiento de los brotes y ápices de raíces, a nivel de hojas jóvenes genera amarillamiento internerval y los puntos de crecimiento se necrosan.
- Magnesio: Sierra (2013), indica que el magnesio es poco móvil en la planta, su deficiencia produce clorosis internerval de hojas basales, las plantas adquieren coloración amarilla el cual se propaga hacia los tejidos jóvenes en forma gradual, puede aparecer manchas necróticas en las hojas. La aplicación excesiva de potasio o calcio al suelo puede provocar deficiencia de magnesio en las plantas.
- Azufre: Meléndez y Molina (2003), indican que la deficiencia de este elemento provoca plantas de escaso crecimiento, poco robustos, con tallos cortos y delgados, hojas jóvenes verde amarillentos, en algún momento puede confundirse con la clorosis generada por deficiencia de nitrógeno, aunque esta última se presenta en hojas viejas, la tasa de crecimiento de las plantas se reduce y la maduración puede prolongarse.
- Hierro: Sierra (2013), señala que la deficiencia se presenta en hojas jóvenes como una marcada clorosis internerval con reducción del crecimiento, las hojas jóvenes permanecen pequeñas. Melendez y Molina (2003), sostiene que la deficiencia se presenta en hojas jóvenes debido a que, el hierro es

un elemento inmovil dentro de la planta, menciona también que la deficiencia se presenta generalmente en suelos calcareos o de pH alcalino y en suelos arenosos.

- Manganese: Sierra (2013), señala que la deficiencia del manganeso puede presentarse en suelos alcalinos y en suelos ácidos se presenta toxicidad, la deficiencia se manifiesta como una clorosis internerval generalizada, al inicio las hojas se tornan pálidas, en etapa posterior aparecen pequeñas manchas necróticas en las áreas pálidas, cerca de las nervaduras principales.
- Zinc: Melendez y Molina (2003), menciona como síntomas de deficiencia; clorosis internerval en brotes nuevos, reducción de tamaño de hojas, disminución del crecimiento, reducción en peso y tamaño de frutos. Sierra (2013) menciona como síntomas de exceso, plantas con facilidad a doblarse, detención del crecimiento, hojas jóvenes muy pequeñas y clorosis internerval.
- Cobre: Sierra (2013), agrega que los síntomas generales de deficiencia son: plantas de color verde muy oscuro, retorcidas y deformadas; bordes de hojas centrales y de hojas jóvenes rizados hacia las nervaduras centrales, hojas terminales muy pequeñas, rígidas y plegadas.
- Molibdeno: Según Sierra (2013), la carencia de molibdeno se presenta como clorosis internerval, primero en hojas viejas y luego progresando hacia hojas jóvenes.

4.2.2.3. Extracción de nutrientes del cilantro

Cruz, et al., (2017), en la investigación realizada en la Universidad Autónoma de Nayarit, México, con la finalidad de analizar el efecto de cuatro potenciales osmóticos de la solución nutritiva en la acumulación de materia fresca y seca y determinar la extracción de nutrientes del cilantro de la variedad Pakistan, utilizando el sistema hidropónico con sustrato inerte y riego por goteo obtuvo el siguiente resultado: la extracción de nutrientes para una tonelada producto fue de 4.74 kg de N/tonelada, 0.69 kg de P/tonelada y 5.38 kg de K/tonelada.

4.2.2.4. Nivel de fertilización del cilantro

Mejía, et al., (2008), mencionan que Acuña (1988), recomienda la aplicación de un nivel de 50 kg de N/ha antes de la siembra y la misma cantidad, al voleo, después

de la emergencia, menciona también que Diederichsen (1996), recomienda aplicar entre 20 y 40 kg de N/ha, y que dosis superiores a 50 kg/ha retardan la maduración de los frutos y favorecen las enfermedades foliares. Arcos et al., (2002) citado por Mejia, et al., (2008), señala que el nivel óptimo es de 100 kg de N/ha, para un rendimiento elevado de materia fresca, finalmente Restrepo y Estrada (2005), citado también por Mejia, et al., (2008), refieren que el nivel de 200 kg de N/ha produjo efectos positivos para número de hojas basales por planta, peso fresco de follaje y rendimiento de follaje fresco.

4.2.2.5. Métodos de aplicación de fertilizantes

- *Al voleo*: FAO (2002) indica que este método consiste en esparcir el fertilizante sobre la superficie del suelo sea en forma manual o con maquinaria, se recomienda que la distribución sea uniforme y que luego sea cubierto con suelo.
- *En bandas o hileras*: FAO (2002) señala que el método consiste en aplicar el fertilizante en forma localizada en partes específicas del suelo durante la siembra y puede ser en bandas o franjas debajo de la superficie del suelo, al lado de la semilla o debajo de la misma, esta labor puede ser manual o con maquinaria especializada de siembra o específica de aplicación de fertilizante o abonadoras.
- *En cobertera*: FAO (2002) señala que el método consiste en aplicar fertilizante al voleo sobre un cultivo en pie, es decir en pleno crecimiento, se utiliza principalmente en cultivos de granos pequeños y en forrajes, la aplicación en cobertera del nitrógeno mejora la eficiencia del fertilizante, ya que se evita la lixiviación del producto, se recomienda para aplicar urea debido a su alta movilidad en el suelo.
- *Entre líneas*: FAO (2002) señala que el método consiste en colocar el fertilizante al costado de la planta en forma de puñados, se recomienda en cultivos sembrados en distanciamiento mayores a 50 centímetros, incluye los árboles frutales.
- *Aplicación foliar*: FAO (2002) señala que el método consisten en diluir el fertilizante en agua y aplicar con equipos de asperjación sobre el follaje. Es el método más eficaz para aplicar micronutrientes, debido a que, son requeridos en pequeñas cantidades.

— *Fertirrigación*: Martínez (1998), define la fertirrigación como el proceso mediante el cual los elementos nutritivos esenciales son aplicados disueltos en agua a través de un sistema de riego. Básicamente consiste en preparar una disolución de un fertilizante soluble como la urea, esta solución madre, es distribuido a las plantas a través del sistema de riego utilizando un mecanismo inyector que puede ser desde un tanque de inyección hasta equipos mecanizados.

Según Martínez (1998) las ventajas del sistema de fertirrigación son las siguientes:

- o *Alta eficiencia en el uso de nutrientes minerales*: Los elementos minerales al ser aplicados disueltos en agua se distribuyen en forma uniforme en la zona radicular, permitiendo a la planta absorber de mejor manera los nutrientes e incrementando su eficiencia.
- o *Aplicación oportuna del fertilizante*: el requerimiento nutricional no es constante a lo largo del periodo vegetativo de la planta, razón por la cual la fertirrigación es útil debido a que se aplica en diferentes dosis según la etapa de crecimiento y necesidades específicas de la especie.
- o *Uso eficiente de suelos*: se puede utilizar suelos de baja fertilidad natural, pedregosos o muy arenosos, en los cuales existe alta pérdida de fertilizantes por percolación y volatilización.
- o *Menor costo de fertilización*: permite ahorro en mano de obra, ya que para fertilizar una gran extensión se requiere de muy poco personal, además la aplicación es independiente de la hora, estado del tiempo y ánimo del obrero.
- o *Disminuye la contaminación ambiental*: Los nutrientes al ser aplicados en forma exacta, oportuna, uniforme y dirigida al volumen radicular humedecido reducen su potencial de contaminación especialmente del agua subterránea causado por lixiviación o lavado de los fertilizantes.
- o *Disminuye compactación de suelos*: Disminuye la compactación del suelo debido a que se reduce el uso de maquinaria para fertilización.
- o *Evita daño mecánico al cultivo*: Cuando la fertilización se realiza en forma mecanizada o manualmente, el tractor, la abonadora y los obreros generan daños mecánicos como poda de raíces, rotura de hojas o

quiebre de ramillas. Este riesgo de daño mecánico no existe en la fertirrigación.

Según Imas (1999), las ventajas de la fertirrigación son las siguientes:

- o *Aplicación poco uniforme del fertilizante:* Algunas veces la distribución del fertilizante entre las plantas no es uniforme debido básicamente a deficiente filtración del agua, formación de precipitados y dilución insuficiente del fertilizante en el agua.
- o *Fitotoxicidad:* puede manifestarse como quemaduras del follaje. Ocurre mayormente, cuando se utiliza en riego por aspersión y microaspersión, aunado a ello, una dosificación incorrecta y el uso de fertilizantes inadecuados en cultivos altamente sensibles.
- o *Desperfectos en el sistema:* La fertirrigación se realiza en riego de precisión, debido a ello es posible la presencia de fallas en el sistema, generalmente por operarios mal capacitados en el manejo de la infraestructura o por falta de supervisión permanente y rigurosa. Sin embargo, esta desventaja se ha ido subsanando en los últimos años, debido al uso de sistemas cada vez más precisos y totalmente automatizados.

4.2.2.6. Soluciones nutritivas

- *Concepto:* Las soluciones nutritivas son un conjunto de formulaciones que contienen elementos esenciales disueltos en agua, contiene Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) que son los más demandados para su desarrollo, y los micronutrientes (Cl, B, Fe, Mn, Zn, Na, Mo, Co, Cl y Mo) que son elementos que se requiere en menor proporción, Barry (1997).
- *Solución nutritiva La Molina:* fue elaborada considerando que las plantas requieren un balance nutricional adecuado, fue obtenida después de varios años de investigación en los años 1990, en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), con el propósito de difundir la hidroponía con fines sociales, para apoyar el proyecto de la “Huerta Hidropónica Popular” iniciado por la FAO en diferentes países latinoamericanos, entre ellos el Perú. Debido a que no era fácil conseguir varios de los fertilizantes recomendados para la solución hidropónica de la FAO, recomendada en ese entonces, se eligieron fertilizantes fáciles de

conseguir en el mercado nacional; formulándose de esta manera la solución La Molina, la cual consiste de dos soluciones concentradas, denominadas A y B, Carbajal, (2018). La solución nutritiva A presenta la siguiente concentración de nutrientes (ppm o mg/l): 210 ppm potasio, 190 ppm de nitrógeno, 150 ppm de calcio, 70 ppm de azufre, 45 ppm de Magnesio y 35 ppm de fósforo. Mientras que la solución nutritiva B contiene: 1.00 ppm de hierro, 0.5 ppm de manganeso, 0.5 ppm de boro, 0.15 ppm de zinc, 0.10 ppm de cobre y 0.05 ppm de molibdeno, Carbajal, (2018)

- *pH*: Urrestarazu (2004), citado por Mendoza (2017), menciona que el pH de la solución nutritiva es de gran importancia, ya que, determina la disponibilidad de nutrientes, cuando el pH es menor a 7 se considera solución nutritiva ácida, si el valor es mayor a 7 se considera solución alcalina, se recomienda para todo tipo de cultivos mantener el pH dentro del rango de 5.6 a 6.0. Gilsanz (2007), afirma que la mayor disponibilidad de nutrientes para la planta se encuentra en el rango de 5.5 a 7.0. Fuera de este rango los nutrientes resultan inaccesibles para ser absorbidos por la planta. Cuando el pH es superior a 7.0 es posible corregir la solución nutritiva mediante la acidificación, usando ácidos nítrico, fosfórico y/o mezclas.
- *Conductividad eléctrica*: Gilsanz (2007), señala que la conductividad eléctrica es un indicador de la concentración salina del agua y de la solución nutritiva, se recomienda que el agua utilizada debe tener concentración baja de sales, son valores adecuados de 0.7 a 1.2 mS/cm.

4.3. Definición de términos básicos

4.3.1. Urea

Martinez (1998), menciona que la urea tiene la fórmula química siguiente: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, contiene 46% de nitrógeno, es de procedencia importada y es ampliamente utilizado por su bajo costo y alta solubilidad en la fertirrigación de los cultivos. Vitorino (1989), menciona las siguientes propiedades físicas de la urea:

- *Aspecto*: perlada y cristalina
- *Índice de salinidad*: 75, modifica la presión osmótica en menor grado que nitrato de sodio cuyo valor es 100.
- *Índice de acidez*: 80, necesita 80 kg de carbonato de calcio para neutralizar la acidez generada por el uso de 100 kg. de urea.

- *Índice de higroscopicidad*: a 20 °C higroscopicidad 20 lo que significa que cuando la humedad relativa del aire es de 80% este fertilizante empieza absorber vapor de agua.
- *Solubilidad*: Totalmente soluble en agua (1000 g/l a 17°C.).
- *Volatilización*: se volatiliza en suelos de alta temperatura por su rápida transformación en CO₂ y NH₃.
- *Compatibilidad*: Incompatible con nitrato de amonio, compatibilidad limitada con sulfato de amonio y superfosfato simple de calcio y compatible con fosfato diamónico, cloruro de potasio y sulfato de potasio.

4.3.2. Aplicación de fertilizante en cobertera

FAO (2002) señala que el método consiste en aplicar fertilizante al voleo sobre un cultivo en pie, es decir en pleno crecimiento, se utiliza principalmente en cultivos de granos pequeños y en forrajes, la aplicación en cobertera del nitrógeno mejora la eficiencia del fertilizante, ya que se evita la lixiviación del producto, se recomienda para aplicar urea debido a su alta movilidad en el suelo.

4.3.3. Ley de Liebig

Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural (2018) menciona que la ley del mínimo o de Liebig considera que el nutriente que se encuentra menos disponible es el que limita el rendimiento, aun cuando los demás se encuentren en cantidades suficientes. Esta ley indica la necesidad de complementar los nutrientes que se encuentran deficientes mediante el abonamiento, para obtener el rendimiento proyectado.

4.3.4. Prueba no paramétrica de Friedman

Quispe et al., (2019) mencionan que esta prueba no paramétrica fue desarrollado por el economista Milton Friedman y se aplica para varias muestras relacionadas, es el equivalente a la prueba de analisis de varianza relacionado en la estadística paramétrica, es decir cuando los datos tienen distribución normal. El método consiste en ordenar los datos por filas o bloques, reemplazándolos por su respectivo orden. El estadístico de Friedman es el que permite probar las hipótesis planteadas y su fórmula es la siguiente:

$$F = \frac{12}{bt(t+1)} \sum R_{i.}^2 - 3b(t+1)$$

Donde:

b=Número de bloques

t= Número de tratamientos o muestra

$\sum R_{i.}^2$ = Es la sumatoria de los rangos

4.3.5. Prueba no paramétrica de Wilcoxon

Quispe et al., (2019) mencionan que la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon es un estadístico no paramétrico que se utiliza para comparar la media de dos muestras relacionadas y determinar si existen diferencias entre ellas. Se utiliza como alternativa a la prueba t de Student cuando no se puede suponer la normalidad de dichas muestras.

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y tipo experimental.

5.2. Ubicación temporal

En la etapa de campo, la presente investigación fue ejecutada del mes de mayo a setiembre del 2017.

5.3. Ubicación de la parcela experimental

El campo experimental fue instalado en la Unidad de Lombricultura del Centro de Investigación en Suelos y Abonos (CISA), Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

5.3.1. Ubicación Política.

Región:	Cusco
Provincia:	Cusco
Distrito:	San Jerónimo
Lugar:	Centro Agronómico K'ayra

5.3.2. Ubicación Geográfica.

Longitud:	71°52'03" Oeste
Latitud:	13°33'24" sur
Altitud:	3,219 m

5.3.3. Ubicación Hidrográfica.

Cuenca :	Vilcanota
Sub cuenca:	Huatanay
Microcuenca:	Huanacaure

5.3.4. Ubicación ecológica

La zona de vida del Centro Agronómico K'ayra, según Holdridge (1967), citado por Huamán (2022), considerando 10 años de serie histórica, con temperatura

promedio de 12.5 °C y precipitación anual de 640 mm, corresponde a la zona de vida Bosque seco – Montano bajo.

5.3.5. Material biológico

Se utilizó semilla de cilantro de variedad pata morada, comprada de proveedor local y envasada por la empresa Hortus, semilla limpia de impurezas, tratada con fungicida y con porcentaje de germinación del 90%.

5.3.6. Materiales de campo

- Etiquetas de identificación
- Dolomita
- Solución nutritiva B - Micronutrientes (La Molina)
- Urea
- Cinta de riego
- Tapones y conectores
- Manguera PBDE de 3/4"
- Depósito de plástico de 200 Lt. para solución nutritiva
- Plataforma elevada de madera
- Escalera de madera
- Válvulas y accesorios de riego

5.3.7. Herramientas

- Cinta métrica y wincha metálica
- Pico, rastrillo, pala y regadera manual
- Cordel de nylon
- Baldes graduados y jarra graduada
- Vaso milimetrado
- Jeringas descartables

5.3.8. Equipos

- Celular (registro fotográfico)
- Laptop
- Balanza de precisión
- Impresora y memoria USB

5.4. Métodos

5.4.1. Diseño experimental.

Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completo al Azar (DBCA), con arreglo factorial de 3A x 3B, con nueve tratamientos y cuatro repeticiones, con 36 unidades experimentales. Los tratamientos fueron distribuidos en las unidades experimentales, en forma aleatoria, utilizando el método del balotario. La prueba de normalidad fue realizada en el programa SPSS al 99% de confianza, debido a que los datos no mostraron distribución probabilística normal, fueron procesados con técnicas no paramétricas, eligiéndose el método de Friedman para el análisis de varianza y la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para comparar los promedios en aquellas variables que presentaron diferencias significativas. Las pruebas de Friedman y Wilcoxon fueron realizadas en el programa SPSS.

5.4.2. Factores y niveles evaluados

- Factor A: Nivel de fertilización
 - o Nivel a₁: 0-0-0
 - o Nivel a₂: 60-0-0
 - o Nivel a₃: 100-0-0
- Factor B: Dosis de solución nutritiva B – Micronutrientes (La Molina)
 - o Nivel b₁: 0 ml/litro de agua
 - o Nivel b₂: 4 ml/litro de agua
 - o Nivel b₃: 8 ml/litro de agua

5.4.3. Tratamientos

Tabla 1: Tratamientos

Clave	Combinación	Tratamiento	
T-1	a ₁ b ₁	0-0-0	+ 0 ml/litro de agua
T-2	a ₁ b ₂	0-0-0	+ 4 ml/litro de agua
T-3	a ₁ b ₃	0-0-0	+ 8 ml/litro de agua
T-4	a ₂ b ₁	60-0-0	+ 0 ml/litro de agua
T-5	a ₂ b ₂	60-0-0	+ 4 ml/litro de agua
T-6	a ₂ b ₃	60-0-0	+ 8 ml/litro de agua
T-7	a ₃ b ₁	100-0-0	+ 0 ml/litro de agua
T-8	a ₃ b ₂	100-0-0	+ 4 ml/litro de agua
T-9	a ₃ b ₃	100-0-0	+ 8 ml/litro de agua

5.4.4. Características del campo experimental

5.4.4.1. Campo experimental

— Largo:	13.5 m
— Ancho:	9.5 m
— Área total:	128.25 m ²

5.4.4.2. Bloque

— N° de bloques:	04
— Largo:	13.5 m
— Ancho:	2.0 m
— Área total:	27.0 m ²

5.4.4.3. Calles

— N° de calles:	03
— Largo:	13.5 m
— Ancho:	0.5 m
— Área total:	20.25 m ²

5.4.4.4. Unidad experimental

— N° de unidades experimentales:	36
— Largo:	2.0 m
— Ancho:	1.5 m
— Área:	3.0 m ²

5.4.4.5. Densidad de siembra

— Distancia entre hileras:	0.30 m
— Distancia entre plantas:	0.10 m
— Densidad de siembra:	333,333 plantas/ha

Figura 1: Croquis del campo experimental

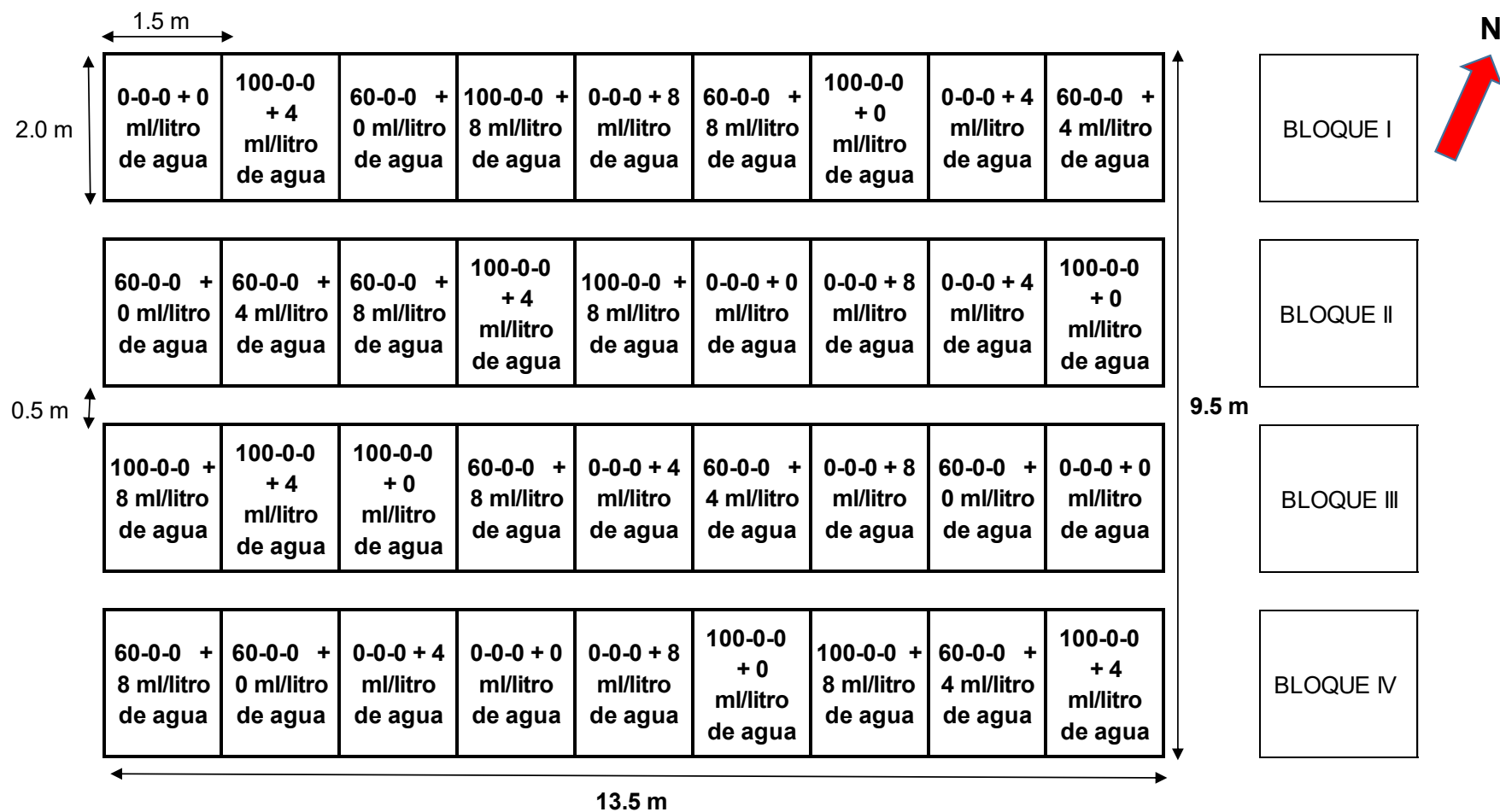
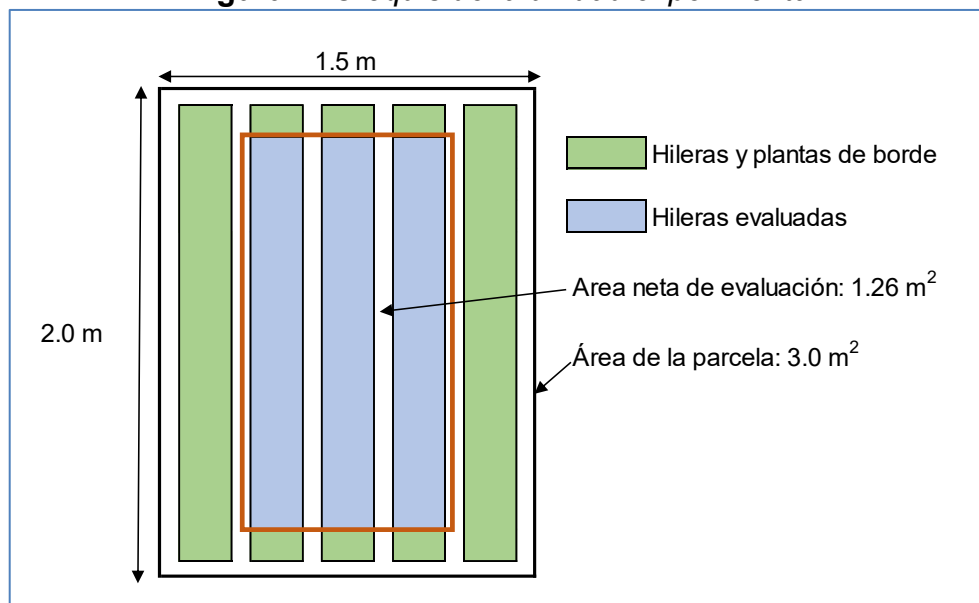


Figura 2: Croquis de la unidad experimental



5.4.5. Conducción del cultivo

5.4.5.1. Preparación del campo experimental

La preparación del campo experimental fue realizada con la finalidad de suministrar a las plantas, las condiciones adecuadas para su crecimiento. El roturado se ejecutó en forma manual a una profundidad promedio de 20 cm, posteriormente los terrones fueron mullidos con la ayuda del pico, finalizando la labor con la nivelación con rastrillo. Concluida el roturado y mullido del campo experimental fue necesario realizar un riego pesado por inundación con la finalidad de dar las condiciones adecuadas para la germinación de la semilla. Esta labor fue realizada el 02 de mayo del 2017.

Figura 3: Preparación del campo experimental.



5.4.5.2. Muestreo de suelo

El muestreo se realizó con el procedimiento recomendado: ingresando al campo experimental en forma de zigzag, se obtuvo muestras parciales aleatorias. En cada punto de muestreo fue necesario cortar el suelo con pala en forma vertical, hasta una profundidad de 20 cm, extraer prismas de suelo de la pared lateral y llevar al borde del campo. Las muestras parciales fueron uniformizadas, mulliendo los terrenos y escogiendo las pequeñas raíces. Finalmente, por cuarteo, se obtuvo una muestra representativa, el cual fue empaquetado en dos bolsas plásticas, colocándose en la parte central la etiqueta con la información que identifica y fue llevado al laboratorio de la Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Agronomía y Zootecnia. El resultado del análisis de suelo se muestra en anexos. Esta actividad se realizó el 02 de mayo del 2017.

5.4.5.3. Trazo del campo experimental

Con la ayuda de cinta métrica, cordel y estacas fueron trazados los bloques y unidades experimentales, con las dimensiones planteadas en el proyecto de tesis; el marcado de las parcelas se realizó con dolomita. Esta actividad se realizó el 04 de mayo del 2017.

Figura 4: *Trazado del campo experimental.*



5.4.5.4. Siembra

La siembra del campo experimental fue realizada en hileras y chorro continuo, las hileras fueron establecidas a una distancia de 30 cm entre ellas, las semillas

fueron instaladas a una profundidad promedio de tres centímetros. Se realizó el 05 de mayo del 2017.

Figura 5: Siembra de cilantro.



5.4.5.5. Control de malezas

El control de malezas fue manual con la ayuda de un pico pequeño, con el objetivo de evitar la competencia por agua y nutrientes, se realizaron dos controles. Las malezas identificadas fueron las siguientes: “Jatacco” (*Amaranthus hybridus* L.), “bolsa de pastor” (*Capsella bursa-pastoris*), “trébol blanco” (*Trifolium repens*), “diente de león” (*Taraxacum officinale*), “cicutu” (*Conium maculatum*), “nabo silvestre” (*Brassica rapa* L. = *Brassica campestris* L.), y “kikuyo” (*Pennisetum clandestinum*).

Figura 6: Control manual de malezas.



5.4.5.6. Riegos

Los riegos iniciales fueron por inundación, cuando las plantas emergieron del suelo y se pudo identificar las hileras, fue instalado un sistema de riego por goteo, utilizando para tal fin cintas de riego con goteros incrustados cada 20 cm, mangueras de polietileno de baja densidad de una pulgada de diámetro, accesorios de PVC, enlaces de 16 mm, tapones de 16 mm, envase de plástico de 200 litros y plataforma de madera de 4 m de altura.

El procedimiento de instalación del sistema de riego por goteo fue el siguiente: El envase de plástico de 200 litros de capacidad fue instalado previamente en la plataforma de madera ubicada a cuatro metros de altura. A partir del envase de plástico fue necesario instalar una línea de conducción corta, hasta el pie de la plataforma con tubería PVC, a partir de este punto se instaló una línea portalateral con manguera de polietileno de baja densidad, las líneas laterales fueron instaladas con cintas de riego con goteros incrustados y se enlazaron con las líneas portalaterales a través de conectores iniciales de 16 mm, al final de cada lateral de riego se instalaron tapones de 16 mm para presurizar el sistema.

Los riegos se realizaron en forma inter diaria con una duración promedio de cuatro horas y según disponibilidad del agua, en algunas ocasiones, fue necesario realizar riego por inundación en forma complementario para mejorar el mojado del campo.

Figura 7: *Instalación de portalaterales con manguera de polietileno.*



Figura 8: *Riego por goteo*



5.4.5.7. Aplicación de fertilizante

El fertilizante fue aplicado en forma fraccionada en tres oportunidades, el primero de ellos el 31 de mayo, el segundo el 30 de junio y el tercero el 30 de julio del 2017. La dosis de nitrógeno fue fraccionada en tres partes iguales. La cantidad aplicada por vez fue: para el nivel 60-0-0 la cantidad de nitrógeno aplicada por unidad experimental fue de 6 gramos, equivalente a 13.0 gramos de urea, mientras que, para el nivel de 100-0-0 la cantidad de nitrógeno aplicada por unidad experimental fue de 10 gramos, equivalente a 21.74 g de urea. La aplicación de la urea fue en cobertera, es decir, el fertilizante fue distribuido a lo largo de las hileras cuando las plantas ya se encontraban en crecimiento.

Figura 9: *Aplicación de fertilizante en cobertera.*



5.4.5.8. Aplicación de micronutriente

Los micronutrientes fueron aplicados en forma simultánea con el fertilizante, razón por la cual, las fechas de aplicación son las mismas. La dosificación se realizó directamente en el tanque aplicando la cantidad total del micronutriente (solución B La Molina) por cada unidad experimental. Con la finalidad de aplicar la misma cantidad de solución, la aplicación por cada unidad experimental fue de una hora. Considerando que los goteros incrustados tenían un caudal de emisión de dos litros por hora y la cantidad de goteros por unidad experimental fueron 50, en una hora de aplicación se utilizó 100 litros de mezcla por cada unidad experimental, aplicándose un total de 400 ml en la dosificación de 4 ml/litro de agua y de 800 ml en el caso de la dosificación de 8 ml/litro de agua.

Figura 10: *Dosificación de solución nutritiva.*



Figura 11: *Aplicación de micronutriente (Solución B La Molina).*



Tabla 2: Cantidad de micronutriente por unidad experimental y hectárea – dosis de 4 ml/litro de agua

Micronutriente	Concentración (ppm)	Por unidad experimental					Cantidad total de elemento (g)	Cantidad por Ha (Kg)
		Volumen de mezcla (litros)	Dosis (ml/litro)	Volumen de solución B (Litros)	Cantidad de elemento (g)	Cantidad de aplicaciones		
Hierro	1.00	100.0	4.0	400.0	0.4	3.0	1.2	4.0
Manganeso	0.50	100.0	4.0	400.0	0.2	3.0	0.6	2.0
Boro	0.50	100.0	4.0	400.0	0.2	3.0	0.6	2.0
Zinc	0.15	100.0	4.0	400.0	0.1	3.0	0.18	0.6
Cobre	0.10	100.0	4.0	400.0	0.0	3.0	0.12	0.4
Molibdeno	0.05	100.0	4.0	400.0	0.0	3.0	0.06	0.2

Tabla 3: Cantidad de micronutriente por unidad experimental y hectárea - dosis de 8 ml/litro de agua

Micronutriente	Concentración (ppm)	Por unidad experimental					Cantidad total de elemento (g)	Cantidad por Ha (Kg)
		Volumen de mezcla (litros)	Dosis (ml/litro)	Volumen de solución B (Litros)	Cantidad de elemento (g)	Cantidad de aplicaciones		
Hierro	1.00	100.0	8.0	800.0	0.8	3.0	2.4	8.0
Manganeso	0.50	100.0	8.0	800.0	0.4	3.0	1.2	4.0
Boro	0.50	100.0	8.0	800.0	0.4	3.0	1.2	4.0
Zinc	0.15	100.0	8.0	800.0	0.1	3.0	0.36	1.2
Cobre	0.10	100.0	8.0	800.0	0.1	3.0	0.24	0.8
Molibdeno	0.05	100.0	8.0	800.0	0.0	3.0	0.12	0.4

5.4.5.9. Cosecha

La cosecha fue realizada en madurez fisiológica, cortando las hojas desde su inserción en el tallo, formando atados para su comercialización. La cosecha se realizó únicamente de las plantas de los surcos de borde y las plantas de borde de las hileras centrales, luego de concluida las evaluaciones.

Figura 12: *Cosecha de cilantro.*



Figura 13: *Cilantro en estado de evaluación.*



5.4.6. Evaluaciones

5.4.6.1. Peso fresco de follaje por hectárea

El peso fresco de follaje fue determinado pesando en una balanza de precisión todas las hojas cosechadas de los tres surcos centrales, sin considerar los dos surcos de borde y las plantas borde de los tres surcos centrales (30 cm en cada borde de la hilera central). Considerando un área efectiva por unidad experimental de 1.26 m², los resultados fueron proyectados a toneladas por hectárea por regla de tres.

Figura 14: *Evaluación de peso fresco de follaje de cilantro.*



5.4.6.2. Peso seco de follaje

Para determinar este indicador fue necesario sacar una muestra aleatoria de un kilogramo de follaje fresco de cada unidad experimental, del material utilizado para evaluar el peso fresco de forraje. La muestra aleatoria fue llevada al laboratorio de suelos y fue secada en una estufa durante 24 horas a una temperatura constante de 105°C, al finalizar el secado fue pesado y se determinó el porcentaje de material seco. Utilizando la información de peso de forraje fresco por hectárea obtenido en la evaluación anterior y considerando el porcentaje de material seco se obtuvo el peso seco de follaje en toneladas por hectárea.

5.4.6.3. Altura de planta

Para determinar la altura de planta se obtuvo una muestra aleatoria de 10 plantas por unidad experimental, sin considerar las hileras de borde y las plantas de borde de las hileras centrales. La determinación de la altura se realizó midiendo la distancia existente entre el cuello de la planta y el ápice de la hoja más larga.

Figura 15: *Evaluación de altura de planta.*



5.4.6.4. Peso fresco de raíces

El peso fresco de raíces fue determinado pesando en una balanza de precisión todas las raíces cosechadas de los tres surcos centrales, sin considerar los dos surcos de borde y las plantas borde de los tres surcos centrales (30 cm en cada borde de la hilera central). Considerando un área efectiva por unidad experimental de 1.26 m², los resultados fueron proyectados a toneladas por hectárea por regla de tres.

Figura 16: *Evaluación de peso fresco de raíces de cilantro.*



5.4.6.5. Peso seco de raíces

Para determinar el peso seco de raíces fue necesario sacar una muestra aleatoria de un kilogramo de raíces frescas de cada unidad experimental, del material

utilizado para evaluar el peso fresco de raíces. La muestra aleatoria fue llevada al laboratorio de suelos y fue secada en una estufa durante 24 horas a una temperatura constante de 105°C, al finalizar el secado fue pesado y se determinó el porcentaje de material seco. Utilizando la información de peso fresco de raíces por hectárea obtenido en la evaluación anterior y considerando el porcentaje de material seco se obtuvo el peso seco de raíces en toneladas por hectárea.

5.4.6.6. Longitud de raíz principal

Para determinar la longitud de raíz por planta se obtuvo una muestra aleatoria de 10 plantas por unidad experimental, sin considerar las hileras de borde y las plantas de borde de las hileras centrales. La determinación de la longitud se realizó midiendo la distancia existente entre la zona de inserción de la raíz y el ápice de la misma.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Peso fresco de follaje

Tabla 4: *Peso fresco de follaje por área neta de evaluación de 1.26 m² (kg/parcela)*

Clave	Tratamiento	Bloques				Promedio
		I	II	III	IV	
T-1	0-0-0 + 0 ml/litro de agua	3.78	3.91	3.65	3.72	3.76
T-2	0-0-0 + 4 ml/litro de agua	3.96	3.91	3.97	3.94	3.94
T-3	0-0-0 + 8 ml/litro de agua	3.97	3.97	3.98	3.98	3.98
T-4	60-0-0 + 0 ml/litro de agua	6.30	6.24	6.43	6.49	6.36
T-5	60-0-0 + 4 ml/litro de agua	6.46	6.49	6.43	6.48	6.46
T-6	60-0-0 + 8 ml/litro de agua	6.40	6.38	6.39	6.40	6.39
T-7	100-0-0 + 0 ml/litro de agua	6.38	6.36	6.39	6.39	6.38
T-8	100-0-0 + 4 ml/litro de agua	7.74	7.69	7.75	7.79	7.74
T-9	100-0-0 + 8 ml/litro de agua	12.10	12.03	12.05	12.08	12.06

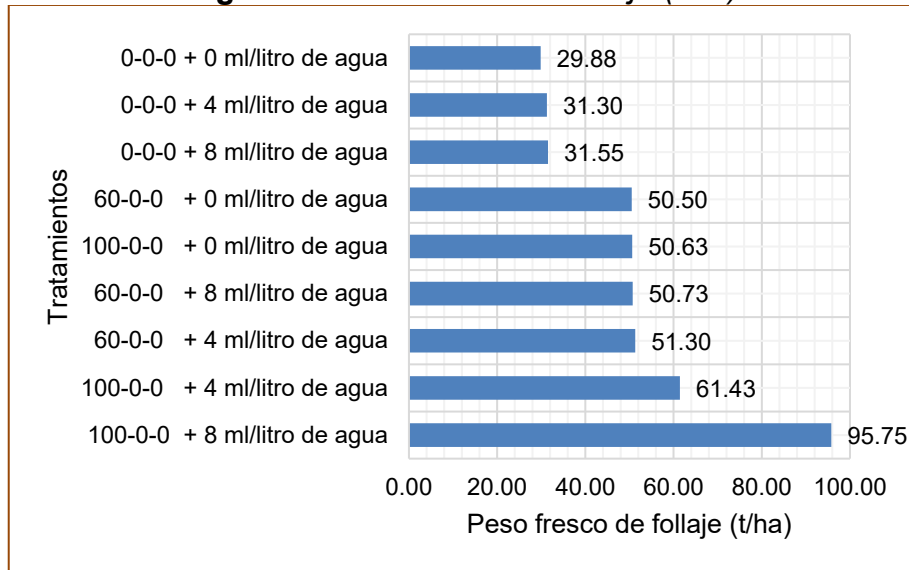
Tabla 5: *Peso fresco de follaje proyectado a una hectárea (t/ha)*

Clave	Tratamiento	Bloques			
		I	II	III	IV
T-1	0-0-0 + 0 ml/litro de agua	30.00	31.00	29.00	29.50
T-2	0-0-0 + 4 ml/litro de agua	31.40	31.00	31.50	31.30
T-3	0-0-0 + 8 ml/litro de agua	31.50	31.50	31.60	31.60
T-4	60-0-0 + 0 ml/litro de agua	50.00	49.50	51.00	51.50
T-5	60-0-0 + 4 ml/litro de agua	51.30	51.50	51.00	51.40
T-6	60-0-0 + 8 ml/litro de agua	50.80	50.60	50.70	50.80
T-7	100-0-0 + 0 ml/litro de agua	50.60	50.50	50.70	50.70
T-8	100-0-0 + 4 ml/litro de agua	61.40	61.00	61.50	61.80
T-9	100-0-0 + 8 ml/litro de agua	96.00	95.50	95.60	95.90

Tabla 6: *Estadísticos de tendencia central y dispersión - Peso fresco de follaje (t/ha)*

Clave	Tratamiento	Promedio	Máx	Mín	Mediana	Desviación estándar	Coefficiente de variabilidad
T-1	0-0-0 + 0 ml/litro de agua	29.88	31.00	29.00	29.75	0.85	2.86%
T-2	0-0-0 + 4 ml/litro de agua	31.30	31.50	31.00	31.35	0.22	0.69%
T-3	0-0-0 + 8 ml/litro de agua	31.55	31.60	31.50	31.55	0.06	0.18%
T-4	60-0-0 + 0 ml/litro de agua	50.50	51.50	49.50	50.50	0.91	1.81%
T-5	60-0-0 + 4 ml/litro de agua	51.30	51.50	51.00	51.35	0.22	0.42%
T-6	60-0-0 + 8 ml/litro de agua	50.73	50.80	50.60	50.75	0.10	0.19%
T-7	100-0-0 + 0 ml/litro de agua	50.63	50.70	50.50	50.65	0.10	0.19%
T-8	100-0-0 + 4 ml/litro de agua	61.43	61.80	61.00	61.45	0.33	0.54%
T-9	100-0-0 + 8 ml/litro de agua	95.75	96.00	95.50	95.75	0.24	0.25%
Promedio		50.34	96.00	29.00	50.34	0.34	0.79%

Figura 17: Peso fresco de follaje (t/ha)

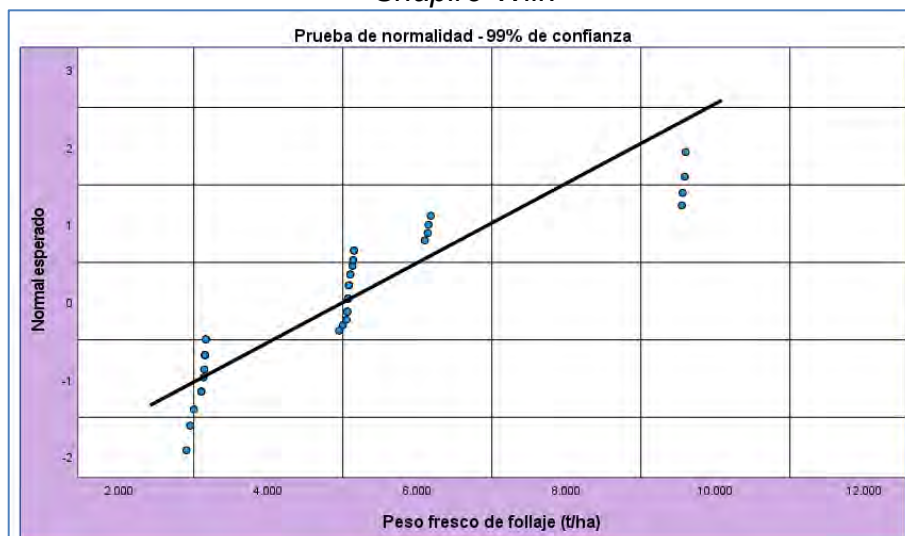


El peso fresco de follaje promedio fue de 50.34 t/ha, el máximo valor 96.0 t/ha de peso fresco de follaje, correspondiente al tratamiento 100-0-0 + 8 ml/litro de agua, mientras que, el menor valor fue de 29.0 t/ha correspondiente al tratamiento 0-0-0 + 0 ml/litro de agua. La desviación estándar promedio fue de 0.34 y el coeficiente de variabilidad promedio fue de 0.79%.

Tabla 7: Prueba de normalidad para peso fresco de follaje (t/ha) - Método Shapiro-Wilk

Estadístico	gl	Sig.
0.797849608	36	0.000015

Figura 18: Prueba de normalidad para peso fresco de follaje (t/ha) - Método Shapiro-Wilk



En la tabla 7 y figura 18 se presenta la prueba de normalidad al 99% de confianza, según el método Shapiro-Wilk, recomendado para series con menor de 50 datos, elaborado en el programa SPSS, en ella se observa que los datos registrados para esta variable no presentan distribución probabilística normal, ya que, la significancia es menor a 0.01. Montgomery (2004) menciona que el análisis de varianza que utiliza el estadístico F de Fisher-Snedecor, se realiza únicamente con datos que se ajustan a la distribución probabilística normal, en caso contrario los datos deben ser analizados según la metodología de la estadística no paramétrica. (Montgomery, 2004)

Debido a que los datos de peso fresco de follaje no presentaron distribución probabilística normal, a pesar de que se realizó la transformación raíz cuadrada, el análisis se realizó utilizando la prueba de Friedman. Fernandez et al., (2010) señalan que la prueba de Friedman es una prueba no paramétrica y se realiza cuando los datos no tienen distribución normal, es equivalente al análisis de varianza que utiliza el estadístico F de Fisher-Snedecor.

Tabla 8: *Análisis de varianza para tratamientos– Método Friedman*

N° total	4
Estadístico de prueba	30.507
Grado de libertad	8
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.000172

En la tabla 8 se presenta el análisis de varianza para tratamientos, según el método no paramétrico de Friedman, en ella se observa que al 95% de confianza se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, ya que el valor de significancia asintótica de Friedman fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Por tanto, hubo efecto de los tratamientos sobre el peso fresco del follaje.

Tabla 9: *Prueba de comparación de tratamientos – Método Friedman*

Tratamientos	Estadístico de prueba	Sig. Friedman	Significancia (0.05)
T1-T2	-0.750	0.698535	NS
T1-T3	-1.875	0.332922	NS
T1-T7	-3.500	0.070701	NS
T1-T4	-4.250	0.028186	Sig
T1-T6	-4.250	0.028186	Sig
T1-T5	-5.500	0.004509	Sig

Tratamientos	Estadístico de prueba	Sig. Friedman	Significancia (0.05)
T1-T8	-6.875	0.000385	Sig
T1-T9	-7.875	0.000048	Sig
T2-T3	-1.125	0.561276	NS
T2-T7	-2.750	0.155580	NS
T2-T4	-3.500	0.070701	NS
T2-T6	-3.500	0.070701	NS
T2-T5	-4.750	0.014171	Sig
T2-T8	-6.125	0.001562	Sig
T2-T9	-7.125	0.000234	Sig
T3-T7	-1.625	0.401387	NS
T3-T4	-2.375	0.220031	NS
T3-T6	-2.375	0.220031	NS
T3-T5	-3.625	0.061215	NS
T3-T8	-5.000	0.009823	Sig
T3-T9	-6.000	0.001946	Sig
T7-T4	0.750	0.698535	NS
T7-T6	0.750	0.698535	NS
T7-T5	2.000	0.301700	NS
T7-T8	-3.375	0.081361	NS
T7-T9	-4.375	0.023868	Sig
T4-T6	0.000	1.000000	NS
T4-T5	-1.250	0.518605	NS
T4-T8	-2.625	0.175244	NS
T4-T9	-3.625	0.061215	NS
T6-T5	1.250	0.518605	NS
T6-T8	-2.625	0.175244	NS
T6-T9	-3.625	0.061215	NS
T5-T8	-1.375	0.477675	NS
T5-T9	-2.375	0.220031	NS
T8-T9	-1.000	0.605577	NS

En la tabla 9 se presenta la comparación realizada entre pares de tratamientos por el Método de Friedman, en el que se utilizan las medianas y se considera todas las permutaciones posibles, en ella se observa, por ejemplo, que el tratamiento 100-0-0 + 4 ml/litro de agua (T-8) con un promedio de 61.43 t/ha y una mediana de 61.45 t/ha (datos presentados en la tabla 6) y el tratamiento 100-0-0 + 8 ml/litro de agua (T-9) con un promedio 95.75 t/ha y una mediana también de 95.75 t/ha son estadísticamente iguales al 95% de confianza, ya que, la significancia asintótica de Friedman (0.605577) fue superior al nivel de significancia de 0.05, mientras que, por otro lado, el tratamiento 0-0-0 + 0 ml/litro de agua (T-1) con promedio de 29.88 t/ha y una mediana de 29.75 t/ha y el tratamiento el tratamiento 100-0-0 + 8 ml/litro de agua (T-9) con un promedio 95.75 t/ha y una mediana también de 95.75 t/ha fueron estadísticamente diferentes, ya que, la significancia asintótica de Friedman (0.000048) fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Para entender mejor las

diferencias entre los tratamientos se presenta a continuación una matriz de significancia, tabla que fue elaborada con los resultados presentados en la tabla 9.

Tabla 10: Matriz de significancia al 95% de confianza – Método Friedman

Promedio (t/ha)	Mediana (t/ha)	Tratamiento	T-1	T-2	T-3	T-7	T-4	T-6	T-5	T-8
29.88	29.75	T-1								
31.30	31.35	T-2	NS							
31.55	31.55	T-3	NS	NS						
50.50	50.65	T-7	NS	NS	NS					
51.30	50.50	T-4	Sig	NS	NS	NS				
50.63	50.75	T-6	Sig	NS	NS	NS	NS			
50.73	51.35	T-5	Sig	Sig	NS	NS	NS	NS		
61.43	61.45	T-8	Sig	Sig	Sig	NS	NS	NS	NS	
95.75	95.75	T-9	Sig	Sig	Sig	Sig	NS	NS	NS	NS

En la tabla 10 se observa la matriz de significancia al 95% de confianza, obtenida según el método de Friedman; resumida de la tabla 9; en ella se observa que el tratamiento T-9 (100-0-0 + 8 ml/litro de agua) con rendimiento promedio de 95.75 t/ha, fue diferente estadísticamente a los tratamientos: T-1 (0-0-0 + 0 ml/litro de agua) con un promedio de 29.88 t/ha, T-2 (0-0-0 + 4 ml/litro de agua) con un promedio de 31.30 t/ha, T-3 (0-0-0 + 8 ml/litro de agua) con un promedio de 31.55 t/ha y al T-7 (100-0-0 + 0 ml/litro de agua) con un promedio de 50.50 t/ha, así mismo, fue estadísticamente igual a los tratamientos T-4 (60-0-0 + 0 ml/litro de agua) con 51.30 t/ha, T-6 (60-0-0 + 8 ml/litro de agua) con 50.63 t/ha, T-5 (60-0-0 + 4 ml/litro de agua) con 80.73 t/ha y T-8 (100-0-0 + 4 ml/litro de agua) con 61.43 t/ha. El tratamiento 9 tuvo el promedio más alto.

Tabla 11: Datos ordenados para niveles de fertilización (factor A) – Peso fresco de follaje (t/ha)

Dosis de solución nutritiva	Nivel de fertilización – Factor A		
	0-0-0	60-0-0	100-0-0
0 ml/litro de agua	30.00	50.00	50.60
	31.00	49.50	50.50
	29.00	51.00	50.70
	29.50	51.50	50.70
	31.40	51.30	61.40
4 ml/litro de agua	31.00	51.50	61.00
	31.50	51.00	61.50
	31.30	51.40	61.80
8 ml/litro de agua	31.50	50.80	96.00
	31.50	50.60	95.50

	31.60	50.70	95.60
	31.60	50.80	95.90
Promedio	30.91	50.84	69.27
Mediana	31.35	50.90	61.45

En la tabla 11 se presenta el peso fresco de follaje ordenado para los niveles de fertilización, en ella se observa que el promedio del nivel de fertilización 100-0-00 fue el más alto con 69.27 t/ha, mientras que, el nivel de fertilización 0-0-0 tuvo el promedio más bajo con 30.91 t/ha.

Tabla 12: *Análisis de varianza para el factor nivel de fertilización (A)– Método Friedman*

N° total	12
Estadístico de prueba	20.667
Grado de libertad	2
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.000033

En la tabla 12 se presenta el análisis de varianza para el factor A, niveles de fertilización, según el método no paramétrico de Friedman, en ella se observa que al 95% de confianza se presentaron diferencias significativas entre los niveles del factor A evaluados, ya que el valor de significancia asintótica de Friedman, 0.000033, fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Por tanto, hubo efecto de los niveles de fertilización sobre el peso fresco del follaje.

Tabla 13: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo (0-0-0) y nivel medio (60-0-0) – Peso fresco de follaje.*

Nivel de fertilización	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Nivel 0-0-0 - Nivel 60-0-0	-3,062b	0.002	Sig

b:se basa en rangos negativos

Quispe et al., (2019) mencionan que la prueba de rangos con signo de Wilcoxon es una prueba no paramétrica utilizada para comparar promedios de muestras o tratamientos relacionados y determinar si existen diferencia entre ellas, es utilizado como una alternativa no paramétrica de la prueba de t de Student. En la tabla 13 se presenta la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para niveles de fertilización bajo y medio, en ella se observa que el nivel de fertilización 0-0-0 con un promedio

de 30.91 t/ha (tabla 11), fue diferente al nivel de fertilización de 60-0-0 con un promedio de 50.90 t/ha (tabla 11), al presentarse diferencias significativas al 95% de confianza, ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.002 fue inferior al nivel de significancia de 0.05, siendo el mejor de ambos el nivel de fertilización medio de 60-0-0.

Tabla 14: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo (0-0-0) y nivel alto (100-0-0) – Peso fresco de follaje.*

Nivel de fertilización	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Nivel 0-0-0 - Nivel 100-0-0	-3,065b	0.002	Sig

b:se basa en rangos negativos

Cuando se compara el nivel de fertilización bajo con el nivel de fertilización alto se observa que el nivel de fertilización 0-0-0 con un promedio de 30.91 t/ha (tabla 11), fue diferente al nivel de 100-0-0 con un promedio de 69.27 t/ha (tabla 11), ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.002 fue inferior al nivel de significancia de 0.05, esto significa que el nivel de fertilización alto de 100-0-0 fue estadísticamente superior al nivel de fertilización bajo de 0-0-0. Tabla 14.

Tabla 15: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel medio (0-0-0) y nivel alto (100-0-0) – Peso fresco de follaje.*

Nivel de fertilización	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Nivel 60-0-0 - Nivel 100-0-0	-2,747b	0.006	Sig

b:se basa en rangos negativos

Cuando se compara el nivel de fertilización medio con el nivel de fertilización alto se observa que el nivel de fertilización 60-0-0 con 50.90 t/ha de peso fresco de follaje (tabla 11), fue estadísticamente diferente al nivel de fertilización de 100-0-0 con un promedio de 69.27 t/ha (tabla 11), por cuanto la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.006 fue inferior al nivel de significancia de 0.05. por tanto, el nivel de fertilización 100-0-0 fue estadísticamente mejor que el nivel medio de fertilización.

Tabla 16: Datos ordenados para dosis de solución nutritiva (factor B) – Peso fresco de follaje (t/ha).

Nivel de fertilización	Dosis de solución nutritiva		
	0 ml/litro de agua	4 ml/litro de agua	8 ml/litro de agua
0-0-0	30.00	31.40	31.50
	31.00	31.00	31.50
	29.00	31.50	31.60
	29.50	31.30	31.60
	50.00	51.30	50.80
60-0-0	49.50	51.50	50.60
	51.00	51.00	50.70
	51.50	51.40	50.80
	50.60	61.40	96.00
100-0-0	50.50	61.00	95.50
	50.70	61.50	95.60
	50.70	61.80	95.90
Promedio	43.67	48.01	59.34
Mediana	50.25	51.35	50.75

En la tabla 16 se presenta el peso fresco de follaje ordenado para los niveles de solución nutritiva correspondiente al factor B, en ella se observa que el promedio del nivel de solución nutritiva de 8 ml/litro de agua fue el más alto con 59.34 t/ha, mientras que, el nivel de solución nutritiva de 0 ml/litro de agua tuvo el promedio más bajo con 43.67 t/ha.

Tabla 17: *Análisis de varianza para el factor nivel de solución nutritiva (B)– Método Friedman*

N° total	12
Estadístico de prueba	9.043
Grado de libertad	2
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.011

En la tabla 17 se presenta el análisis de varianza para el factor B, dosis de solución nutritiva, según el método no paramétrico de Friedman, en ella se observa que al 95% de confianza se presentaron diferencias significativas entre los niveles de solución nutritiva evaluados, ya que el valor de significancia asintótica de Friedman, 0.011, fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Por tanto, hubo efecto de los niveles de solución nutritiva sobre el peso fresco del follaje.

Tabla 18: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis de solución nutritiva baja (0 ml/litro de agua) con dosis de solución nutritiva media (4 ml/litro de agua)– Peso fresco de follaje.*

Nivel de solución nutritiva	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Dosis 0 ml/litro de agua - Dosis 4 ml/litro de agua	-2,703b	0.007	Sig

Quispe et al., (2019) mencionan que la prueba de rangos con signo de Wilcoxon es una prueba no paramétrica utilizada para comparar promedios de muestras o tratamientos relacionados y determinar si existen diferencias entre ellas, es utilizado como una alternativa no paramétrica de la prueba de t de Student. En la tabla 18 se presenta la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis de solución nutritiva baja y dosis de solución nutritiva media, en ella se observa que el nivel de solución nutritiva 0 ml/litro de agua con un promedio de 43.67 t/ha (tabla 16) fue diferente al nivel de 4 ml/litro de agua con un promedio de 48.01 t/ha (tabla 16), al presentarse diferencias significativas al 95% de confianza, ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.007 fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Es decir, la dosis de solución nutritiva media fue estadísticamente superior a la dosis de solución nutritiva baja.

Tabla 19: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis de solución nutritiva baja (0 ml/litro de agua) con dosis de solución nutritiva alta (8 ml/litro de agua)–Peso fresco de follaje.*

Nivel de solución nutritiva	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Dosis 0 ml/litro de agua - Dosis 8 ml/litro de agua	-2,746b	0.006	Sig

Cuando se compara la dosis de solución nutritiva baja con la dosis de solución nutritiva alta, se observa que la dosis de solución nutritiva 0 ml/litro de agua con un promedio de 43.67 t/ha (tabla 16), fue diferente al nivel 8 ml/litro de agua con un promedio de 59.34 t/ha (tabla 16), ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.006 fue inferior al nivel de significancia de 0.05, esto significa que la dosis de solución nutritiva alta fue superior al nivel de solución nutritiva baja.

Tabla 20: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis de solución nutritiva medio (4 ml/litro de agua) con dosis de solución nutritiva alta (8 ml/litro de agua)–Peso fresco de follaje.*

Nivel de solución nutritiva	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Dosis 4 ml/litro de agua - Dosis 8 ml/litro de agua	-1,179b	0.239	NS

Cuando se compara la dosis de solución nutritiva media con la dosis de solución nutritiva alta, se observa que el nivel de 4 ml/litro de agua con 48.01 t/ha de peso fresco de follaje fue estadísticamente igual al nivel de 8 ml/litro de agua por cuanto la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.239 fue superior al nivel de significancia de 0.05. Esto significa que estos dos niveles de dosis de solución nutritiva son estadísticamente iguales.

6.2. Peso seco de follaje

Tabla 21: *Peso seco de follaje (t/ha)*

Clave	Tratamiento	Bloques			
		I	II	III	IV
T-1	0-0-0 + 0 ml/litro de agua	6.00	6.20	5.80	5.90
T-2	0-0-0 + 4 ml/litro de agua	6.30	6.20	6.30	6.30
T-3	0-0-0 + 8 ml/litro de agua	6.30	6.30	6.30	6.30
T-4	60-0-0 + 0 ml/litro de agua	10.00	9.90	10.20	10.30
T-5	60-0-0 + 4 ml/litro de agua	10.30	10.30	10.20	10.30
T-6	60-0-0 + 8 ml/litro de agua	10.20	10.10	10.10	10.20
T-7	100-0-0 + 0 ml/litro de agua	10.10	10.10	10.10	10.10
T-8	100-0-0 + 4 ml/litro de agua	12.30	12.20	12.30	12.40
T-9	100-0-0 + 8 ml/litro de agua	19.20	19.10	19.10	19.20

Tabla 22: *Estadísticos de tendencia central y dispersión - Peso seco de follaje (t/ha)*

Clave	Tratamiento	Promedio	Máx	Min	Mediana	Desviación estándar	C.V.
T-1	0-0-0 + 0 ml/litro de agua	5.98	6.20	5.80	5.95	0.17	2.86%
T-2	0-0-0 + 4 ml/litro de agua	6.28	6.30	6.20	6.30	0.05	0.80%
T-3	0-0-0 + 8 ml/litro de agua	6.30	6.30	6.30	6.30	0.00	0.00%
T-4	60-0-0 + 0 ml/litro de agua	10.10	10.30	9.90	10.10	0.18	1.81%
T-5	60-0-0 + 4 ml/litro de agua	10.28	10.30	10.20	10.30	0.05	0.49%
T-6	60-0-0 + 8 ml/litro de agua	10.15	10.20	10.10	10.15	0.06	0.57%
T-7	100-0-0 + 0 ml/litro de agua	10.10	10.10	10.10	10.10	0.00	0.00%
T-8	100-0-0 + 4 ml/litro de agua	12.30	12.40	12.20	12.30	0.08	0.66%
T-9	100-0-0 + 8 ml/litro de agua	19.15	19.20	19.10	19.15	0.06	0.30%
Promedio		10.07	19.20	5.80	10.07	0.07	0.83%

C.V.: Coeficiente de variabilidad

El peso seco de follaje de cilantro promedio fue de 10.07 t/ha, la mediana promedio fue de 10.07 t/ha, el máximo valor registrado fue de 19.2 t/ha de peso seco de follaje, correspondiente al tratamiento 100-0-0 + 8 ml/litro de agua, mientras que, el

menor valor registrado fue de 5.58 t/ha correspondiente al tratamiento 0-0-0 + 0 ml/litro de agua. La desviación estándar promedio fue de 0.07 y el coeficiente de variación promedio fue de 0.83%.

Figura 19: *Peso seco de follaje (t/ha)*

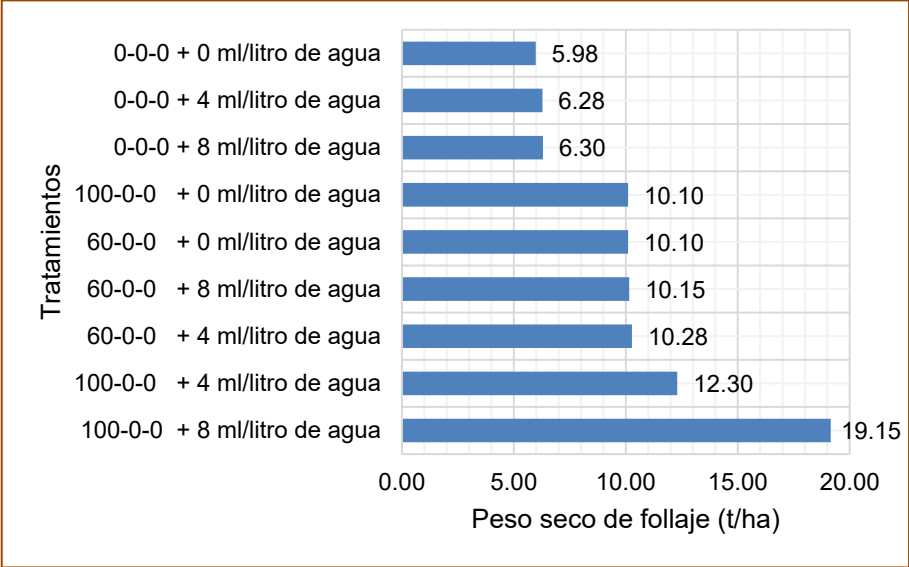
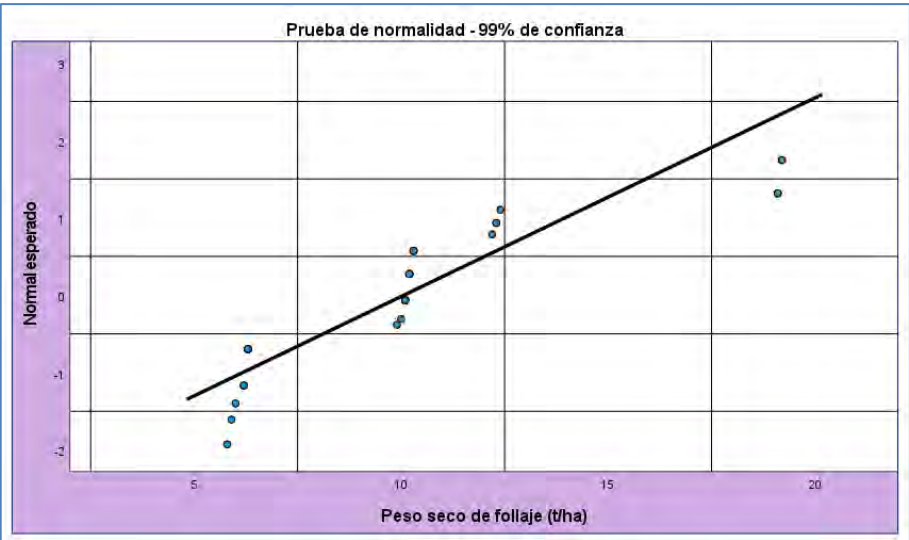


Tabla 23: Prueba de normalidad para peso seco de follaje (t/ha) - Método Shapiro-Wilk

Estadístico	gl	Sig.
0.799	36	0.0000153

Figura 20: *Prueba de normalidad para peso seco de follaje (t/ha) - Método Shapiro-Wilk*



En la tabla 23 y figura 20 se presenta la prueba de normalidad al 99% de confianza, según el método Shapiro-Wilk, recomendado para series con menor de 50 datos, elaborado en el programa SPSS, en ella se observa que los datos registrados para esta variable no presentan distribución probabilística normal, ya que, la significancia es menor a 0.01. Montgomery (2004) menciona que el análisis de varianza que utiliza el estadístico F de Fisher-Snedecor, se realiza únicamente con datos que se ajustan a la distribución probabilística normal, en caso contrario los datos deben ser analizados según la metodología de la estadística no paramétrica. Debido a que los datos de peso seco de follaje no presentaron distribución probabilística normal, a pesar de que se realizó la transformación raíz cuadrada, el análisis se realizó utilizando la prueba de Friedman. Fernandez et al., (2010) señalan que la prueba de Friedman es una prueba no paramétrica y se realiza cuando los datos no tienen distribución normal, es equivalente al análisis de varianza que utiliza el estadístico F de Fisher-Snedecor.

Tabla 24: *Análisis de varianza para tratamientos– Método Friedman*

N° total	4
Estadístico de prueba	30.627
Grado de libertad	8
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.000164

En la tabla 24 se presenta el análisis de varianza para tratamientos, según el método no paramétrico de Friedman, en ella se observa que al 95% de confianza se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, ya que el valor de significancia asintótica de Friedman fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Por tanto, hubo efecto de los tratamientos sobre el peso seco del follaje.

Tabla 25: *Prueba de comparación de tratamientos – Método Friedman*

Tratamientos	Estadístico de prueba	Sig. Friedman	Significancia (0.05)
T1-T2	-1.125	0.561276	NS
T1-T3	-1.500	0.438578	NS
T1-T7	-3.625	0.061215	NS
T1-T4	-4.125	0.033160	Sig
T1-T6	-4.125	0.033160	Sig
T1-T5	-5.625	0.003676	Sig
T1-T8	-6.875	0.000385	Sig
T1-T9	-7.875	0.000048	Sig
T2-T3	-0.375	0.846451	NS

Tratamientos	Estadístico de prueba	Sig. Friedman	Significancia (0.05)
T2-T7	-2.500	0.196706	NS
T2-T4	-3.000	0.121335	NS
T2-T6	-3.000	0.121335	NS
T2-T5	-4.500	0.020137	Sig
T2-T8	-5.750	0.002985	Sig
T2-T9	-6.750	0.000491	Sig
T3-T7	-2.125	0.272490	NS
T3-T4	-2.625	0.175244	NS
T3-T6	-2.625	0.175244	NS
T3-T5	-4.125	0.033160	Sig
T3-T8	-5.375	0.005509	Sig
T3-T9	-6.375	0.000995	Sig
T7-T4	0.500	0.796253	NS
T7-T6	0.500	0.796253	NS
T7-T5	2.000	0.301700	NS
T7-T8	-3.250	0.093290	NS
T7-T9	-4.250	0.028186	Sig
T4-T6	0.000	1.000000	NS
T4-T5	-1.500	0.438578	NS
T4-T8	-2.750	0.155580	NS
T4-T9	-3.750	0.052808	NS
T6-T5	1.500	0.438578	NS
T6-T8	-2.750	0.155580	NS
T6-T9	-3.750	0.052808	NS
T5-T8	-1.250	0.518605	NS
T5-T9	-2.250	0.245278	NS
T8-T9	-1.000	0.605577	NS

En la tabla 25 se presenta la comparación realizada entre pares de tratamientos por el Método de Friedman, en el que se utilizan las medianas y se considera todas las permutaciones posibles, en ella se observa, por ejemplo, que el tratamiento 100-0-0 + 4 ml/litro de agua (T-8) con un promedio de 12.30 t/ha y una mediana de 12.30 t/ha (datos presentados en la tabla 18) y el tratamiento 100-0-0 + 8 ml/litro de agua (T-9) con un promedio 19.15 t/ha y una mediana también de 19.15 t/ha (tabla 18) son estadísticamente iguales al 95% de confianza, ya que, la significancia asintótica de Friedman (0.605577) fue superior al nivel de significancia de 0.05, mientras que, por otro lado, el tratamiento 0-0-0 + 0 ml/litro de agua (T-1) con promedio de 5.98 t/ha y una mediana de 5.95 t/ha (tabla 18) y el tratamiento el tratamiento 100-0-0 + 8 ml/litro de agua (T-9) con un promedio 19.15 t/ha y una mediana también de 19.15 t/ha fueron estadísticamente diferentes, ya que, la significancia asintótica de Friedman (0.000048) fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Para entender mejor las diferencias entre los tratamientos se presenta a continuación una matriz de significancia, tabla que fue elaborada con los resultados presentados en la tabla 21.

Tabla 26: Matriz de significancia al 95% de confianza – Método Friedman

Promedio	Mediana	Tratamiento	T-1	T-2	T-3	T-7	T-4	T-6	T-5	T-8
5.98	5.95	T-1								
6.28	6.30	T-2	NS							
6.30	6.30	T-3	NS	NS						
10.10	10.10	T-7	NS	NS	NS					
10.10	10.10	T-4	NS	NS	NS	NS				
10.15	10.15	T-6	Sig	NS	NS	NS	NS			
10.28	10.30	T-5	Sig	Sig	Sig	NS	NS	NS		
12.30	12.30	T-8	Sig	Sig	Sig	NS	NS	NS	NS	
19.15	19.15	T-9	Sig	Sig	Sig	Sig	NS	NS	NS	NS

En la tabla 26 se observa la matriz de significancia al 95% de confianza, obtenida según el método de Friedman; resumida de la tabla 21; en ella se observa que el tratamiento T-9 (100-0-0 + 8 ml/litro de agua) con rendimiento promedio de 19.15 t/ha, fue diferente estadísticamente a los tratamientos: T-1 (0-0-0 + 0 ml/litro de agua) con un promedio de 5.98 t/ha, T-2 (0-0-0 + 4 ml/litro de agua) con un promedio de 6.28 t/ha, T-3 (0-0-0 + 8 ml/litro de agua) con un promedio de 6.30 t/ha y al T-7 (100-0-0 + 0 ml/litro de agua) con un promedio de 10.10 t/ha, así mismo, fue estadísticamente igual a los tratamientos T-4 (60-0-0 + 0 ml/litro de agua) con 10.10 t/ha, T-6 (60-0-0 + 8 ml/litro de agua) con 10.15 t/ha, T-5 (60-0-0 + 4 ml/litro de agua) con 10.28 t/ha y T-8 (100-0-0 + 4 ml/litro de agua) con 12.30 t/ha. El tratamiento 9 (100-0-0 + 8 ml/litro de agua) tuvo el rendimiento más alto.

Tabla 27: Datos ordenados para niveles de fertilización (factor A) – Peso seco de follaje (t/ha)

Dosis de solución nutritiva	Nivel de fertilización		
	0-0-0	60-0-0	100-0-0
0 ml/litro de agua	6.00	10.00	10.10
	6.20	9.90	10.10
	5.80	10.20	10.10
	5.90	10.30	10.10
	6.30	10.30	12.30
4 ml/litro de agua	6.20	10.30	12.20
	6.30	10.20	12.30
	6.30	10.30	12.40
	6.30	10.20	19.20
	6.30	10.10	19.10
8 ml/litro de agua	6.30	10.10	19.10
	6.30	10.20	19.20
	6.30	10.20	19.20
Promedio	6.18	10.18	13.85
Mediana	6.30	10.20	12.30

En la tabla 27 se presenta el peso seco de follaje ordenado para los niveles de fertilización, en ella se observa que el promedio del nivel de fertilización 100-0-00 fue el más alto con 13.85 t/ha, mientras que, el nivel de fertilización 0-0-0 tuvo el promedio más bajo con 6.18 t/ha.

Tabla 28: *Análisis de varianza para el factor nivel de fertilización (A)– Método Friedman*

N° total	12
Estadístico de prueba	20.667
Grado de libertad	2
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.0000325

En la tabla 28 se presenta el análisis de varianza para el factor A, niveles de fertilización, según el método no paramétrico de Friedman, en ella se observa que al 95% de confianza se presentaron diferencias significativas entre los niveles del factor A evaluados, ya que el valor de significancia asintótica de Friedman, 0.0000325, fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Por tanto, hubo efecto de los niveles de fertilización sobre el peso seco del follaje.

Tabla 29: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel de fertilización baja (0-0-0) y nivel de fertilización media (60-0-0) – Peso seco de follaje*

Nivel de fertilización	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Nivel 0-0-0 - Nivel 60-0-0	-3,071b	0.002	Sig

b: Se basa en rangos negativos

Quispe et al., (2019) mencionan que la prueba de rangos con signo de Wilcoxon es una prueba no paramétrica utilizada para comparar promedios de muestras o tratamientos relacionados y determinar si existen diferencias entre ellas, es utilizado como una alternativa no paramétrica de la prueba de t de Student. En la tabla 29 se presenta la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel de fertilización baja y nivel de fertilización media, en ella se observa que el nivel de fertilización 00-00 con un promedio de 6.18 t/ha (tabla 27), fue diferente al nivel de fertilización de 60-0-0 con un promedio de 10.18 t/ha (tabla 27), al presentarse diferencias significativas al 95% de confianza, ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.002 fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Es decir, el nivel de fertilización medio fue mejor que el nivel de fertilización bajo.

Tabla 30: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel de fertilización baja (0-0-0) y nivel de fertilización alto (100-0-0) – Peso seco de follaje

Nivel de fertilización	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Nivel 0-0-0 - Nivel 100-0-0	-3,066b	0.002	Sig

b: Se basa en rangos negativos

De la comparación entre el nivel de fertilización bajo y el nivel de fertilización alto, se observa que el nivel de 0-0-0 con un promedio de 6.18 t/ha (tabla 27), fue diferente al nivel de 100-0-0 con un promedio de 13.85 t/ha (tabla 23), ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.002 fue inferior al nivel de significancia de 0.05, es decir, el nivel de fertilización alto fue estadísticamente superior al nivel de fertilización bajo.

Tabla 31: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel de fertilización medio (60-0-0) y nivel de fertilización alto (100-0-0) – Peso seco de follaje

Nivel de fertilización	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Nivel 60-0-0 - Nivel 100-0-0	-2,681b	0.007	Sig

b: Se basa en rangos negativos

De la comparación entre el nivel de fertilización medio y el nivel de fertilización alto, se observa que el nivel de 60-0-0 con 10.18 t/ha de peso seco de follaje fue estadísticamente diferente al nivel de 100-0-0 con un promedio de 13.85 t/ha (tabla 23), por cuanto la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.007 fue inferior al nivel de significancia de 0.05, es decir el nivel de fertilización alto fue superior al nivel de fertilización medio.

Tabla 32: Datos ordenados para dosis de solución nutritiva (factor B) – Peso seco de follaje (t/ha)

Nivel de fertilización	Dosis de solución nutritiva		
	0 ml/litro de agua	4 ml/litro de agua	8 ml/litro de agua
0-0-0	6.00	6.30	6.30
	6.20	6.20	6.30
	5.80	6.30	6.30
	5.90	6.30	6.30
	10.00	10.30	10.20
60-0-0	9.90	10.30	10.10
	10.20	10.20	10.10
	10.30	10.30	10.20

	10.10	12.30	19.20
100-0-0	10.10	12.20	19.10
	10.10	12.30	19.10
	10.10	12.40	19.20
Promedio	8.73	9.62	11.87
Mediana	10.05	10.30	10.15

En la tabla 32 se presenta el peso seco de follaje ordenado para los niveles de solución nutritiva correspondiente al factor B, en ella se observa que el promedio del nivel de solución nutritiva de 8 ml/litro de agua fue el más alto con 11.87 t/ha, mientras que, el nivel de solución nutritiva de 0 ml/litro de agua tuvo el promedio más bajo con 8.73 t/ha.

Tabla 33: *Análisis de varianza para el factor nivel de solución nutritiva (B)– Método Friedman*

N° total	12
Estadístico de prueba	10.333
Grado de libertad	2
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.00570

En la tabla 33 se presenta el análisis de varianza para el factor B, dosis de solución nutritiva, según el método no paramétrico de Friedman, en ella se observa que al 95% de confianza se presentaron diferencias significativas entre los niveles de solución nutritiva evaluados, ya que el valor de significancia asintótica de Friedman, 0.00570, fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Por tanto, hubo efecto de los niveles de solución nutritiva sobre el peso seco del follaje.

Tabla 34: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis baja de solución nutritiva (0 ml/litro de agua) y dosis media de solución nutritiva (4 ml/litro de agua) – Peso seco de follaje.*

Nivel de solución nutritiva	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Dosis 0 ml/litro de agua - Dosis 4 ml/litro de agua	-2,673b	0.008	Sig

Quispe et al., (2019) mencionan que la prueba de rangos con signo de Wilcoxon es una prueba no paramétrica utilizada para comparar promedios de muestras o tratamientos relacionados y determinar si existen diferencia entre ellas, es utilizado como una alternativa no paramétrica de la prueba de t de Student. En la tabla 28 se presenta la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para niveles de solución nutritiva, en ella se observa que el nivel de solución nutritiva 0 ml/litro de agua con

un promedio de 8.73 t/ha (tabla 32) fue diferente al nivel de 4 ml/litro de agua con un promedio de 9.62 t/ha (tabla 32), al presentarse diferencias significativas al 95% de confianza, ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.008 fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Es decir, la dosis media de solución nutritiva fue superior al nivel de fertilización baja.

Tabla 35: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis baja de solución nutritiva (0 ml/litro de agua) y dosis alta de solución nutritiva (8 ml/litro de agua) – Peso seco de follaje.*

Nivel de solución nutritiva	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Dosis 0 ml/litro de agua - Dosis 8 ml/litro de agua	-2,753b	0.006	Sig

De la comparación entre la dosis baja de solución nutritiva y la dosis alto de solución nutritiva se observa que el nivel de 0 ml/litro de agua con un promedio de 8.73 t/ha (tabla 32) fue diferente al nivel 8 ml/litro de agua con un promedio de 11.87 t/ha (tabla 32), ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.006 fue inferior al nivel de significancia de 0.05, es decir la dosis alta es superior estadísticamente a la dosis baja.

Tabla 36: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis media de solución nutritiva (4 ml/litro de agua) y dosis alta de solución nutritiva (8 ml/litro de agua) – Peso seco de follaje*

Nivel de solución nutritiva	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Dosis 4 ml/litro de agua - Dosis 8 ml/litro de agua	-1,197b	0.231	NS

De la comparación entre la dosis media de solución nutritiva y la dosis alto de solución nutritiva se observa que, el nivel de 4 ml/litro de agua con 9.62 t/ha de peso seco de follaje fue estadísticamente igual al nivel de 8 ml/litro de agua con un promedio de 11.87 t/ha (tabla 32) por cuanto la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.231 fue superior al nivel de significancia de 0.05, es decir el nivel medio y alto de solución nutritiva son estadísticamente iguales.

6.3. Altura de planta (cm)

Tabla 37: *Altura de planta (cm)*

Clave	Tratamiento	Bloques				Total
		I	II	III	IV	
T-1	0-0-0 + 0 ml/litro de agua	46.00	46.00	45.00	46.00	183.00
T-2	0-0-0 + 4 ml/litro de agua	47.00	48.00	47.00	46.00	188.00
T-3	0-0-0 + 8 ml/litro de agua	48.00	48.00	47.00	47.00	190.00
T-4	60-0-0 + 0 ml/litro de agua	48.00	48.00	47.00	47.00	190.00
T-5	60-0-0 + 4 ml/litro de agua	50.00	50.00	51.00	51.00	202.00
T-6	60-0-0 + 8 ml/litro de agua	52.00	52.00	51.00	51.00	206.00
T-7	100-0-0 + 0 ml/litro de agua	49.00	50.00	50.00	49.00	198.00
T-8	100-0-0 + 4 ml/litro de agua	50.00	49.00	50.00	50.00	199.00
T-9	100-0-0 + 8 ml/litro de agua	53.00	52.00	52.00	53.00	210.00
Total		443.00	443.00	440.00	440.00	1,766.00

Tabla 38: *Estadísticos de tendencia central y dispersión - Altura de planta (cm)*

Clave	Tratamiento	Promedio	Máximo	Mínimo	Rango	Desviación estándar	Coefficiente de variabilidad
T-1	0-0-0 + 0 ml/litro de agua	45.75	46.00	45.00	1.00	0.50	1.09%
T-2	0-0-0 + 4 ml/litro de agua	47.00	48.00	46.00	2.00	0.82	1.74%
T-3	0-0-0 + 8 ml/litro de agua	47.50	48.00	47.00	1.00	0.58	1.22%
T-4	60-0-0 + 0 ml/litro de agua	47.50	48.00	47.00	1.00	0.58	1.22%
T-5	60-0-0 + 4 ml/litro de agua	50.50	51.00	50.00	1.00	0.58	1.14%
T-6	60-0-0 + 8 ml/litro de agua	51.50	52.00	51.00	1.00	0.58	1.12%
T-7	100-0-0 + 0 ml/litro de agua	49.50	50.00	49.00	1.00	0.58	1.17%
T-8	100-0-0 + 4 ml/litro de agua	49.75	50.00	49.00	1.00	0.50	1.01%
T-9	100-0-0 + 8 ml/litro de agua	52.50	53.00	52.00	1.00	0.58	1.10%
Promedio		49.06	53.00	45.00	8.00	0.59	1.20%

La altura de planta promedio fue de 49.06 cm, el rango de variación fue de 8.0 cm, el promedio más elevado fue de 53.0 cm y correspondió al tratamiento 100-0-0 y 8 ml/litro de agua de micronutriente, mientras que, el promedio más bajo registrado fue de 45.0 cm de altura de planta y correspondió al tratamiento 0-0-0 y 0 ml/litro de agua de micronutriente. La desviación estándar fue 0.59 cm de altura de planta y el coeficiente de variación promedio fue de 1.2%.

Figura 21: Altura de planta (cm)

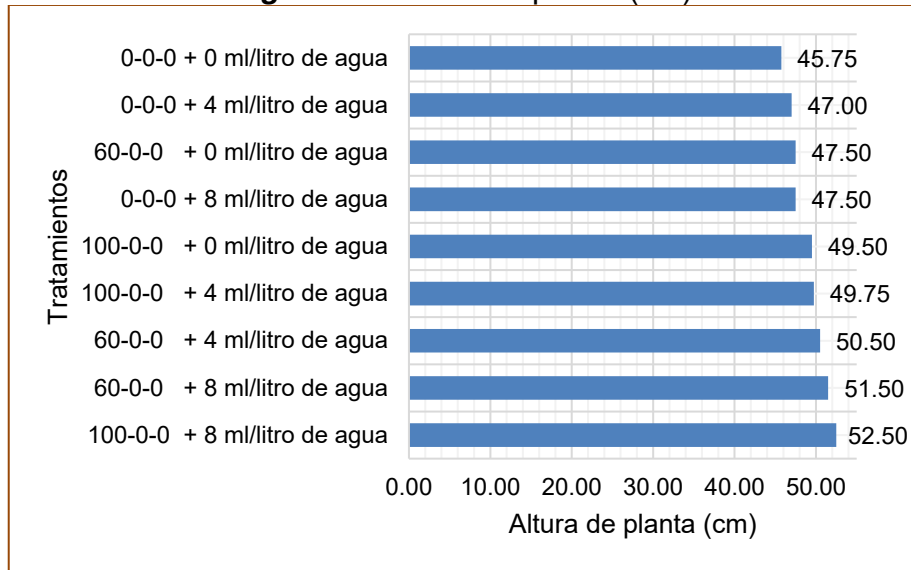
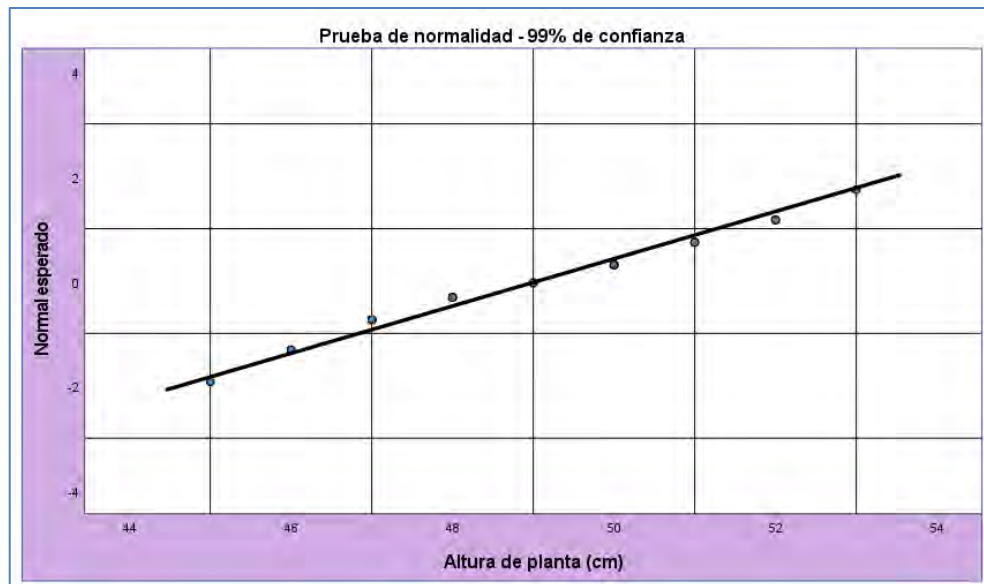


Tabla 39: Prueba de normalidad para altura de planta (cm) - Método Shapiro-Wilk

Estadístico	gl	Sig.
0.951	36	0.116

Figura 22: Prueba de normalidad para altura de planta (t/ha) - Método Shapiro-Wilk



En la tabla 39 y figura 22 se presenta la prueba de normalidad al 99% de confianza, según el método Shapiro-Wilk, recomendado para series con menor de 50 datos, elaborado en el programa SPSS, en ella se observa que los datos registrados para esta variable presentan distribución probabilística normal, ya que, la significancia

es mayor a 0.01. Montgomery (2004) menciona que el análisis de varianza que utiliza el estadístico F de Fisher-Snedecor, se realiza únicamente con datos que se ajustan a la distribución probabilística normal, en caso contrario los datos deben ser analizados según la metodología de la estadística no paramétrica, razón por la cual se realizó el análisis de varianza utilizando el estadístico F de Fisher-Snedecor.

Tabla 40: *Auxiliar Nivel de fertilización (A) x Dosis de micronutriente (B)*

Nivel de fertilización (A)	Dosis de micronutriente (B)			Total	Promedio
	0 ml/litro de agua	4 ml/litro de agua	8 ml/litro de agua		
0-0-0	183.00	188.00	190.00	561.00	46.75
60-0-0	190.00	202.00	206.00	598.00	49.83
100-0-0	198.00	199.00	210.00	607.00	50.58
Total	571.00	589.00	606.00	1,766.0	
Promedio	47.58	49.08	50.50		49.06

Tabla 41: *Análisis de varianza - Altura de planta (cm)*

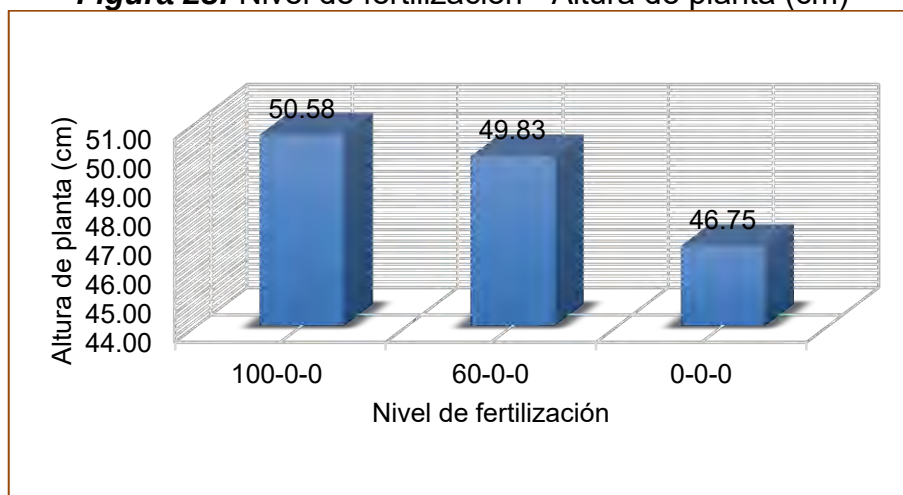
Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado	F. Tabular		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Bloques	3	1.000000	0.333333	0.94	0.07	0.02	NS	NS
Nivel de fertilización (A)	2	99.055556	49.527778	139.84	3.40	5.61	Sig	Sig
Dosis de micronutriente (B)	2	51.055556	25.527778	72.08	3.40	5.61	Sig	Sig
Nivel de fertilización x Dosis de micronutriente (AxB)	4	12.277778	3.069444	8.67	2.78	4.22	Sig	Sig
Error	24	8.500000	0.354167					
Total	35	171.888889					CV	1.21%

Según el análisis de varianza al 95 y 99% de probabilidad se presentaron diferencias significativas para nivel de fertilización, igual sucedió para el factor dosis de micronutriente, por tanto, el nivel de fertilización y la dosis de micronutriente afectaron la altura de planta del cilantro. Según el mismo análisis se presentaron también, diferencias significativas para la interacción entre el factor nivel de fertilización y el factor dosis de micronutriente, esto sucedió al 95 y 99% de probabilidad. No se presentaron diferencias significativas entre los bloques del experimento al 95 y 99% de probabilidad.

Tabla 42: Prueba de Tukey para nivel de fertilización (A) - Altura de planta (cm)

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T)α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	100-0-0	50.58	0.61	0.78	A	A
II	60-0-0	49.83	0.61	0.78	B	A
III	0-0-0	46.75	0.61	0.78	C	B
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:	4.546	Error estándar:	0.1717961

Según la prueba de Tukey al 95 y 99% de probabilidad el nivel de fertilización de 100-0-0 con un promedio de 50.58 cm de altura de planta fue estadísticamente superior a los niveles de 60-0-0 con un promedio de 49.83 cm de altura de planta y al nivel de fertilización de 0-0-0 con un promedio de 46.75 cm de altura de planta.

Figura 23: Nivel de fertilización - Altura de planta (cm)**Tabla 43: Prueba de Tukey para dosis de micronutriente (B) - Altura de planta (cm)**

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T)α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	8 ml/litro de agua	50.5	0.61	0.78	A	A
II	4 ml/litro de agua	49.1	0.61	0.78	B	B
III	0 ml/litro de agua	47.6	0.61	0.78	C	C
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:	4.546	Error estándar:	0.171796

La prueba de Tukey indica que al 95 y 99% de probabilidad la dosis de 8 ml/litro de agua de micronutriente con un promedio de 50.5 cm de altura de planta fue estadísticamente superior a la dosis de 4 ml/litro de agua con un promedio de 49.1 cm de altura de planta y a la dosis de 0 ml/litro de agua con un promedio de 47.6 cm de altura de planta.

Figura 24: Dosis de micronutriente - Altura de planta (cm)

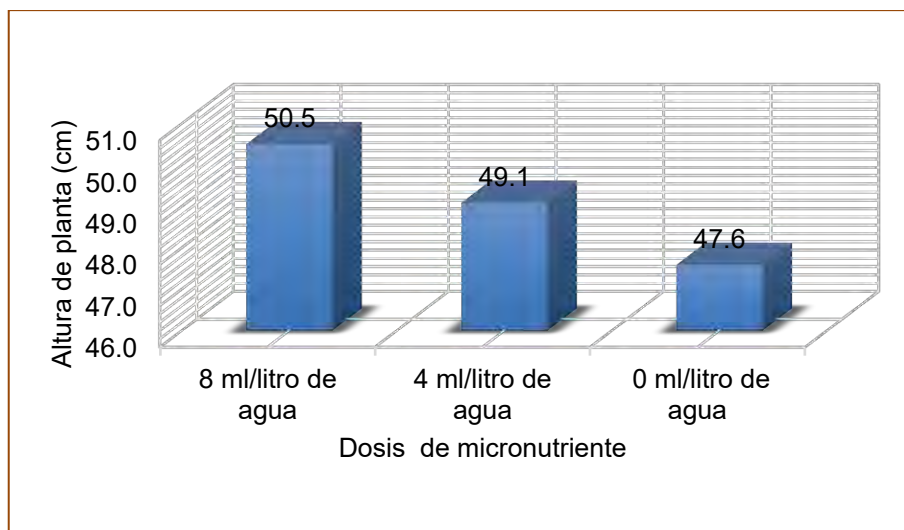


Tabla 44: *Análisis de varianza auxiliar para interacción nivel de fertilización (A) por dosis de micronutriente (B) - Altura de planta (cm).*

Fuente de variabilidad	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calc	F. tabular		Significancia	
					0.05	0.01	0.05	0.01
Nivel de fertilización en 0 ml/litro de agua	2	28.16666667	14.08333	39.76	3.40	5.61	Sig	Sig
Nivel de fertilización en 4 ml/litro de agua	2	27.16666667	13.58333	38.35	3.40	5.61	Sig	Sig
Nivel de fertilización en 8 ml/litro de agua	2	56.00000000	28.00000	79.06	3.40	5.61	Sig	Sig
Error	24		0.35417					

Según el análisis de varianza auxiliar al 95 y 99% de confianza se presentaron diferencias significativas para las interacciones del factor nivel de fertilización con 0 ml/litro de agua de micronutriente, con el nivel de 4 ml/litro de agua de micronutriente y con el nivel de 8 ml/litro de agua de micronutriente.

Tabla 45: *Prueba de Tukey para nivel de fertilización (A) en 0 ml/litro de agua de micronutriente (b_1) - Altura de planta (cm)*

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (τ) α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	100-0-0 + 0 ml/litro de agua	49.50	0.61	0.78	A	A
II	60-0-0 + 0 ml/litro de agua	47.50	0.61	0.78	B	B
III	0-0-0 + 0 ml/litro de agua	45.75	0.61	0.78	C	C
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		Error estándar: 0.2975595	

Según la prueba de Tukey al 95 y 99% de confianza el nivel de fertilización 100-0-0 y la dosis de 0 ml/litro de agua de micronutriente presentó el mejor resultado con un promedio de 49.5 cm y fue estadísticamente superior a 60-0-0 y 0 ml/litro de

agua de micronutriente con un promedio de 47.5 cm y el nivel de 0-0-0 y 0 ml/litro de agua de micronutriente con un promedio de 45.75 cm de altura de planta.

Figura 25: Nivel de fertilización en 0 ml/litro de agua de micronutriente - Peso seco de follaje (t/ha)

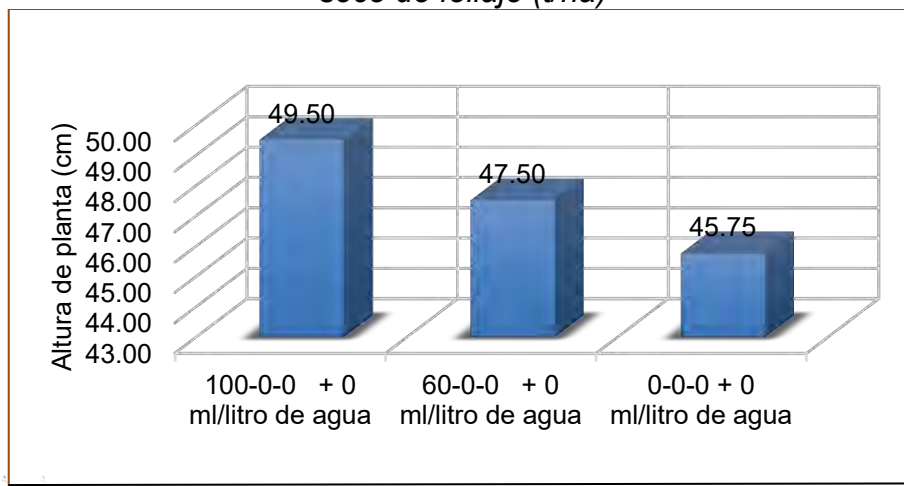


Tabla 46: Prueba de Tukey para nivel de fertilización (A) en 4 ml/litro de agua de micronutriente (b_2) - Altura de planta (cm).

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T) α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	60-0-0 + 4 ml/litro de agua	50.50	0.61	0.78	A	A
II	0-0-0 + 4 ml/litro de agua	49.75	0.61	0.78	B	A
III	100-0-0 + 4 ml/litro de agua	47.00	0.61	0.78	C	B
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		Error estándar: 0.2975595	

Según la prueba de Tukey al 95 y 99% de confianza el nivel de fertilización 60-0-0 y la dosis de 4 ml/litro de agua de micronutriente con un promedio de 50.5 cm presentó el mejor resultado y fue estadísticamente al nivel de fertilización de 0-0-0 y 4 ml/litro de agua de micronutriente con un promedio de 49.75 cm y al nivel de 100-0-0 y 4 ml/litro de agua de micronutriente con un promedio de 47.0 cm.

Figura 26: Nivel de fertilización en 4 ml/litro de agua de micronutriente - Peso seco de follaje (t/ha)

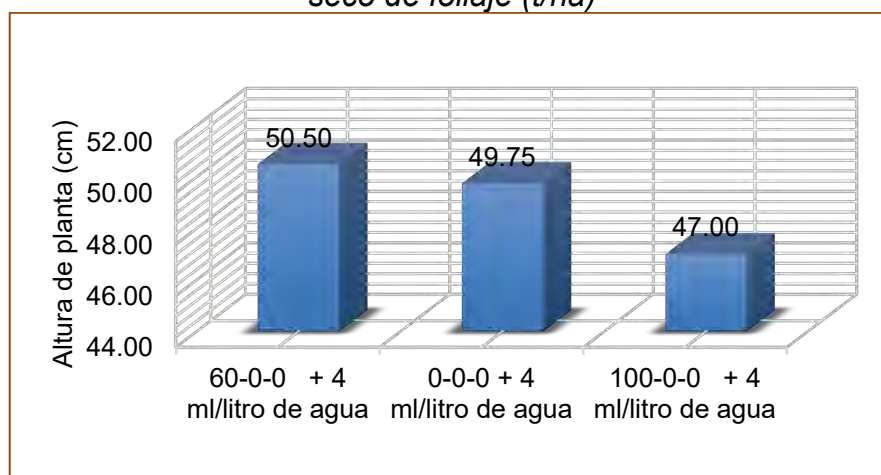
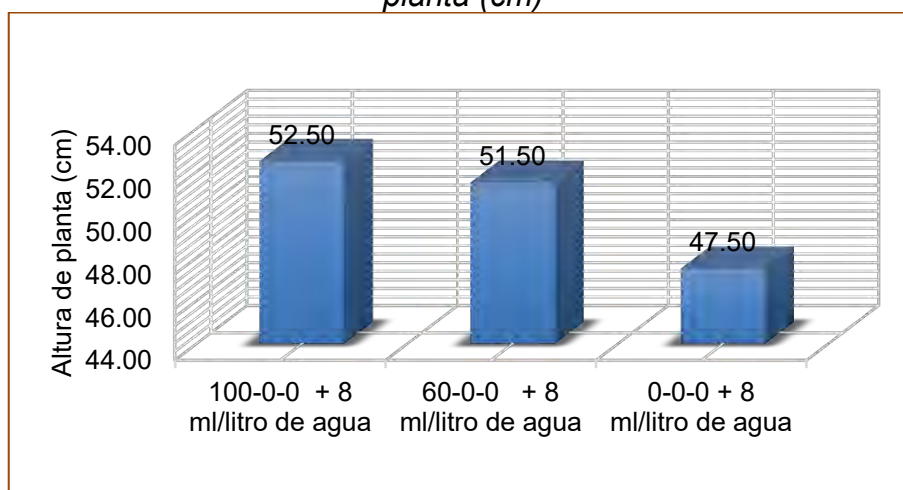


Tabla 47: Prueba de Tukey para nivel de fertilización (A) en 8 ml/litro de agua de micronutriente (b_3) - Altura de planta (cm)

OM	Nivel	Promedios	ALS (t)		ALS (T)α	
			0.05	0.01	0.05	0.01
I	100-0-0 + 8 ml/litro de agua	52.50	0.61	0.78	A	A
II	60-0-0 + 8 ml/litro de agua	51.50	0.61	0.78	B	B
III	0-0-0 + 8 ml/litro de agua	47.50	0.61	0.78	C	C
AES (t) 0.05:		3.532	AES (t) 0.01:		Error estándar: 0.2975595	

La prueba de Tukey indica al 95 y 99% de confianza que la interacción de nivel 100-0-0 y la dosis 8 ml/litro de agua con un promedio de 52.5 cm de altura de planta fue el mejor resultado y superior estadísticamente a las interacciones del nivel de fertilización 60-0-0 y 8 ml/litro de agua de micronutriente y a la interacción del nivel de fertilización de 0-0-0 y 8 ml/litro de agua de micronutriente.

Figura 27: Nivel de fertilización en 8 ml/litro de agua de micronutriente – altura de planta (cm)



6.4. Peso fresco de raíces

Tabla 48: *Peso fresco de raíces (t/ha)*

Clave	Tratamiento	Bloques			
		I	II	III	IV
T-1	0-0-0 + 0 ml/litro de agua	27.40	27.37	27.38	27.39
T-2	0-0-0 + 4 ml/litro de agua	27.40	27.38	27.41	27.39
T-3	0-0-0 + 8 ml/litro de agua	27.50	27.45	27.43	27.49
T-4	60-0-0 + 0 ml/litro de agua	28.00	28.11	28.11	28.12
T-5	60-0-0 + 4 ml/litro de agua	42.00	42.10	42.01	41.95
T-6	60-0-0 + 8 ml/litro de agua	49.80	50.20	50.14	50.15
T-7	100-0-0 + 0 ml/litro de agua	26.66	26.60	26.70	26.65
T-8	100-0-0 + 4 ml/litro de agua	40.00	40.10	40.15	40.13
T-9	100-0-0 + 8 ml/litro de agua	53.33	53.00	53.01	53.02

Tabla 49: *Estadísticos de tendencia central y dispersión - Peso fresco de raíces (t/ha)*

Clave	Tratamiento	Promedio	Máx	Min	Mediana	Desviación estándar	C.V.
T-1	0-0-0 + 0 ml/litro de agua	27.39	27.40	27.37	27.39	0.01	0.05%
T-2	0-0-0 + 4 ml/litro de agua	27.40	27.41	27.38	27.40	0.01	0.05%
T-3	0-0-0 + 8 ml/litro de agua	27.47	27.50	27.43	27.47	0.03	0.12%
T-4	60-0-0 + 0 ml/litro de agua	28.09	28.12	28.00	28.11	0.06	0.20%
T-5	60-0-0 + 4 ml/litro de agua	42.02	42.10	41.95	42.01	0.06	0.15%
T-6	60-0-0 + 8 ml/litro de agua	50.07	50.20	49.80	50.15	0.18	0.37%
T-7	100-0-0 + 0 ml/litro de agua	26.65	26.70	26.60	26.66	0.04	0.15%
T-8	100-0-0 + 4 ml/litro de agua	40.10	40.15	40.00	40.12	0.07	0.17%
T-9	100-0-0 + 8 ml/litro de agua	53.09	53.33	53.00	53.02	0.16	0.30%
Promedio		35.81	53.33	26.60	35.81	0.07	0.17%

El peso fresco de raíces por hectárea promedio fue de 35.81 t/ha, la mediana fue de 35.81 t/ha de peso fresco de raíces, el registró máximo fue de 53.33 t/ha y correspondió al tratamiento 100-0-0 de nivel de fertilización + 8 ml/litro de agua de micronutriente, mientras que, el promedio más bajo fue registrado el tratamiento 100-0-0 + 0 ml/litro de agua con 26.6 t/ha de peso fresco de raíces. La desviación estándar promedio fue de 0.07 y el coeficiente de variación promedio fue 0.17%.

Figura 28: *Peso fresco de raíces (t/ha)*

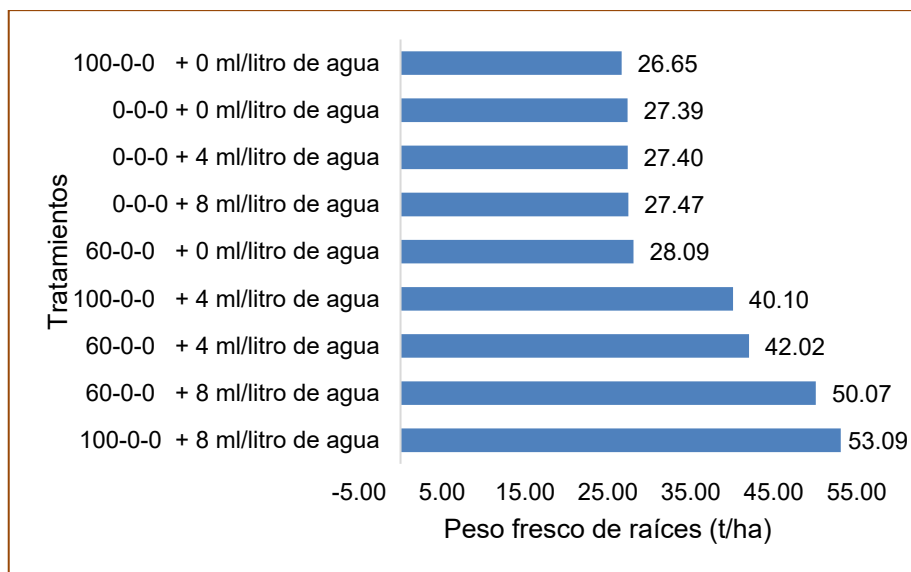
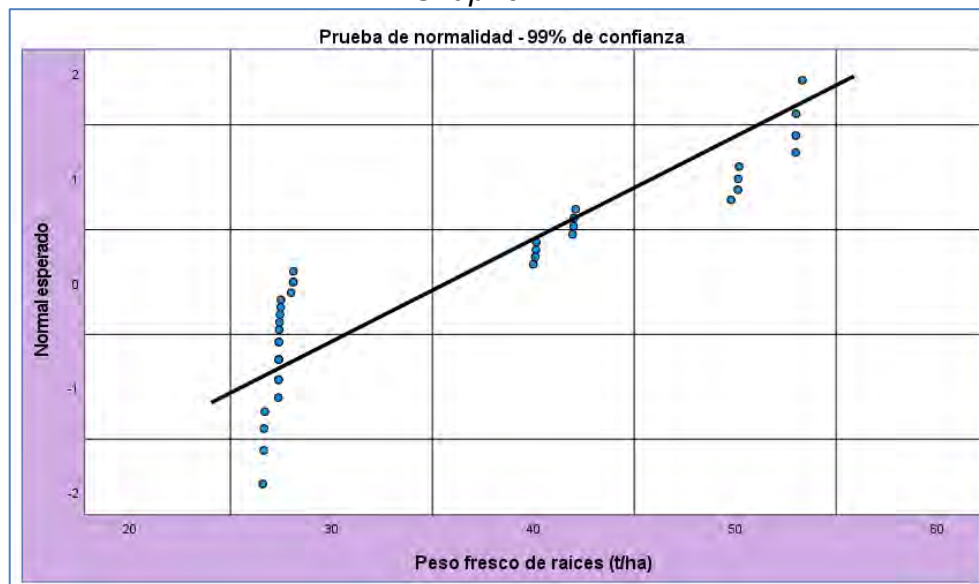


Tabla 50: Prueba de normalidad para peso fresco de raíces (t/ha) - Método Shapiro-Wilk

Estadístico	gl	Sig.
0.771	36	0.000005

Figura 29: Prueba de normalidad para peso fresco de raíces (t/ha) - Método Shapiro-Wilk



En la tabla 50 y figura 29 se presenta la prueba de normalidad al 99% de confianza, según el método Shapiro-Wilk, recomendado para series con menor de 50 datos, elaborado en el programa SPSS, en ella se observa que los datos registrados para esta variable no presentan distribución probabilística normal, ya que, la significancia es menor a 0.01. Montgomery (2004) menciona que el análisis de varianza que

utiliza el estadístico F de Fisher-Snedecor, se realiza únicamente con datos que se ajustan a la distribución probabilística normal, en caso contrario los datos deben ser analizados según la metodología de la estadística no paramétrica.

Debido a que los datos de peso fresco de raíces no presentaron distribución probabilística normal, a pesar de que se realizó la transformación raíz cuadrada, el análisis se realizó utilizando la prueba de Friedman. Fernandez et al., (2010) señalan que la prueba de Friedman es una prueba no paramétrica y se realiza cuando los datos no tienen distribución normal, es equivalente al análisis de varianza que utiliza el estadístico F de Fisher-Snedecor.

Tabla 51: *Análisis de varianza para tratamientos– Método Friedman*

N° total	4
Estadístico de prueba	31.933
Grado de libertad	8
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.000096

En la tabla 51 se presenta el análisis de varianza para tratamientos, según el método no paramétrico de Friedman, en ella se observa que al 95% de confianza se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, ya que el valor de significancia asintótica de Friedman fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Por tanto, hubo efecto de los tratamientos sobre el peso fresco de raíces.

Tabla 52: *Prueba de comparación de tratamientos – Método Friedman*

Tratamientos	Estadístico de prueba	Sig. Friedman	Significancia (0.05)
T7-T1	1.250	0.518605	NS
T7-T2	1.750	0.366157	NS
T7-T3	3.000	0.121335	NS
T7-T4	4.000	0.038867	Sig
T7-T8	-5.000	0.009823	Sig
T7-T5	6.000	0.001946	Sig
T7-T6	7.000	0.000301	Sig
T7-T9	-8.000	0.000036	Sig
T1-T2	-0.500	0.796253	NS
T1-T3	-1.750	0.366157	NS
T1-T4	-2.750	0.155580	NS
T1-T8	-3.750	0.052808	NS
T1-T5	-4.750	0.014171	Sig
T1-T6	-5.750	0.002985	Sig
T1-T9	-6.750	0.000491	Sig
T2-T3	-1.250	0.518605	NS

Tratamientos	Estadístico de prueba	Sig. Friedman	Significancia (0.05)
T2-T4	-2.250	0.245278	NS
T2-T8	-3.250	0.093290	NS
T2-T5	-4.250	0.028186	Sig
T2-T6	-5.250	0.006706	Sig
T2-T9	-6.250	0.001249	Sig
T3-T4	-1.000	0.605577	NS
T3-T8	-2.000	0.301700	NS
T3-T5	-3.000	0.121335	NS
T3-T6	-4.000	0.038867	Sig
T3-T9	-5.000	0.009823	Sig
T4-T8	-1.000	0.605577	NS
T4-T5	-2.000	0.301700	NS
T4-T6	-3.000	0.121335	NS
T4-T9	-4.000	0.038867	Sig
T8-T5	1.000	0.605577	NS
T8-T6	2.000	0.301700	NS
T8-T9	-3.000	0.121335	NS
T5-T6	-1.000	0.605577	NS
T5-T9	-2.000	0.301700	NS
T6-T9	-1.000	0.605577	NS

En la tabla 52 se presenta la comparación realizada entre pares de tratamientos por el Método de Friedman, en el que se utilizan las medianas y se considera todas las permutaciones posibles, en ella se observa, por ejemplo, que el tratamiento 100-0-0 + 4 ml/litro de agua (T-8) con un promedio de 40.10 t/ha y una mediana de 40.12 t/ha (datos presentados en la tabla 41) y el tratamiento 100-0-0 + 8 ml/litro de agua (T-9) con un promedio 53.09 t/ha y una mediana también de 53.02 t/ha (tabla 41) son estadísticamente iguales al 95% de confianza, ya que, la significancia asintótica de Friedman (0.121335) fue superior al nivel de significancia de 0.05, mientras que, por otro lado, el tratamiento 0-0-0 + 0 ml/litro de agua (T-1) con promedio de 27.39 t/ha y una mediana de 27.39 t/ha (tabla 41) y el tratamiento el tratamiento 100-0-0 + 8 ml/litro de agua (T-9) con un promedio 53.09 t/ha y una mediana también de 53.02 t/ha fueron estadísticamente diferentes, ya que, la significancia asintótica de Friedman (0.000491) fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Para entender mejor las diferencias entre los tratamientos se presenta a continuación una matriz de significancia, tabla que fue elaborada con los resultados presentados en la tabla 52.

Tabla 53: Matriz de significancia al 95% de confianza – Método Friedman.

Promedio	Mediana	Tratamiento	T-7	T-1	T-2	T-3	T-4	T-8	T-5	T-6
26.65	26.66	T-7								
27.39	27.39	T-1	NS							

27.40	27.40	T-2	NS	NS								
27.47	27.47	T-3	NS	NS	NS							
28.09	28.11	T-4	Sig	NS	NS	NS						
40.10	40.12	T-8	Sig	NS	NS	NS	NS					
42.02	42.01	T-5	Sig	Sig	Sig	NS	NS	NS				
50.07	50.15	T-6	Sig	Sig	Sig	Sig	NS	NS	NS			
53.09	53.02	T-9	Sig	Sig	Sig	Sig	Sig	NS	NS	NS		

En la tabla 53 se observa la matriz de significancia al 95% de confianza, obtenida según el método de Friedman; resumida de la tabla 44; en ella se observa que el tratamiento T-9 (100-0-0 + 8 ml/litro de agua) con rendimiento promedio de 53.02 t/ha, fue diferente estadísticamente a los tratamientos: T-7 (100-0-0 + 0 ml/litro de agua) con un promedio de 26.65 t/ha, T-1 (0-0-0 + 0 ml/litro de agua) con un promedio de 27.39 t/ha, T-2 (0-0-0 + 4 ml/litro de agua) con un promedio de 27.40 t/ha, T-3 (0-0-0 + 8 ml/litro de agua) con un promedio de 27.47 t/ha y T-4 (60-0-0 + 0 ml/litro de agua) con 28.09 t/ha, así mismo, fue estadísticamente igual a los tratamientos: T-8 (100-0-0 + 4 ml/litro de agua) con 40.10 t/ha, T-5 (60-0-0 + 4 ml/litro de agua) con 42.02 t/ha y T-6 (60-0-0 + 8 ml/litro de agua) con 50.07 t/ha. El tratamiento 9 (100-0-0 + 8 ml/litro de agua) tuvo el promedio más alto 53.09 t/ha de raíces.

Tabla 54: Datos ordenados para niveles de fertilización (factor A) – Peso fresco de raíces (t/ha).

Dosis de solución nutritiva	Nivel de fertilización		
	0-0-0	60-0-0	100-0-0
0 ml/litro de agua	27.40	28.00	26.66
	27.37	28.11	26.60
	27.38	28.11	26.70
	27.39	28.12	26.65
	27.40	42.00	40.00
4 ml/litro de agua	27.38	42.10	40.10
	27.41	42.01	40.15
	27.39	41.95	40.13
	27.50	49.80	53.33
	27.45	50.20	53.00
8 ml/litro de agua	27.43	50.14	53.01
	27.49	50.15	53.02
Promedio	27.42	40.06	39.95
Mediana	27.40	42.01	40.12

En la tabla 54 se presenta el peso fresco de raíces ordenado para los niveles de fertilización, en ella se observa que el promedio del nivel de fertilización 100-0-00

fue el más alto con 39.95 t/ha, mientras que, el nivel de fertilización 0-0-0 tuvo el promedio más bajo con 27.42 t/ha.

Tabla 55: *Análisis de varianza para el factor nivel de fertilización (A)– Método Friedman.*

N° total	12
Estadístico de prueba	10.667
Grado de libertad	2
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.00483

En la tabla 55 se presenta el análisis de varianza para el factor A, niveles de fertilización, según el método no paramétrico de Friedman, en ella se observa que al 95% de confianza se presentaron diferencias significativas entre los niveles del factor A evaluados, ya que el valor de significancia asintótica de Friedman, 0.00483, fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Por tanto, hubo efecto de los niveles de fertilización sobre el peso fresco de raíces.

Tabla 56: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo de fertilización (0-0-0) y nivel medio de fertilización (60-0-0) – Peso fresco de raíces.*

Nivel de fertilización	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Nivel 0-0-0 - Nivel 60-0-0	-3,062b	0.002	Sig

Quispe et al., (2019) mencionan que la prueba de rangos con signo de Wilcoxon es una prueba no paramétrica utilizada para comparar promedios de muestras o tratamientos relacionados y determinar si existen diferencias entre ellas, es utilizado como una alternativa no paramétrica de la prueba de t de Student. En la tabla 56 se presenta la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel de fertilización bajo y nivel de fertilización medio, en ella se observa que el nivel de fertilización 00-00 con un promedio de 27.42 t/ha (tabla 54), fue estadísticamente diferente al nivel de fertilización de 60-0-0 con un promedio de 40.06 t/ha (tabla 54), al no presentarse diferencias significativas al 95% de confianza, ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.002 fue mayor al nivel de significancia de 0.05, es decir, el nivel de fertilización de 60-0-0 fue estadísticamente superior al nivel de fertilización bajo.

Tabla 57: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo de fertilización (0-0-0) y nivel alto de fertilización (60-0-0) – Peso fresco de raíces.

Nivel de fertilización	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Nivel 0-0-0 - Nivel 100-0-0	-2,277b	0.023	Sig

Al comparar el nivel de fertilización bajo y el nivel de fertilización alto, se observa que el nivel de 0-0-0 con un promedio de 27.42 t/ha (tabla 54), fue diferente al nivel de 100-0-0 con un promedio de 39.95 t/ha (tabla 54), ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.023 fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Es decir, el nivel alto de fertilización fue superior estadísticamente al nivel bajo de fertilización.

Tabla 58: Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel medio de fertilización (6-0-0) y nivel alto de fertilización (100-0-0) – Peso fresco de raíces.

Nivel de fertilización	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Nivel 60-0-0 - Nivel 100-0-0	-,236b	0.814	NS

Al comparar el nivel de fertilización bajo y el nivel de fertilización alto, se observa que, el nivel de 60-0-0 con 40.06 t/ha de peso fresco de raíces fue estadísticamente igual al nivel de 100-0-0 con un promedio de 39.95 t/ha (tabla 54), por cuanto la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.814 fue superior al nivel de significancia de 0.05. Es decir, el nivel alto de fertilización es superior estadísticamente al nivel medio de fertilización.

Tabla 59: Datos ordenados para dosis de solución nutritiva (factor B) – Peso fresco de raíces (t/ha)

Nivel de fertilización	Dosis de solución nutritiva		
	0 ml/litro de	4 ml/litro de agua	8 ml/litro de agua
0-0-0	27.40	27.40	27.50
	27.37	27.38	27.45
	27.38	27.41	27.43
	27.39	27.39	27.49
	28.00	42.00	49.80
60-0-0	28.11	42.10	50.20
	28.11	42.01	50.14
	28.12	41.95	50.15
100-0-0	26.66	40.00	53.33

Nivel de fertilización	Dosis de solución nutritiva		
	0 ml/litro de	4 ml/litro de agua	8 ml/litro de agua
	26.60	40.10	53.00
	26.70	40.15	53.01
	26.65	40.13	53.02
Promedio	27.37	36.50	43.54
Mediana	27.39	40.12	50.15

En la tabla 59 se presenta el peso fresco de raíces ordenado para los niveles de solución nutritiva correspondiente al factor B, en ella se observa que el promedio del nivel de solución nutritiva de 8 ml/litro de agua fue el más alto con 43.54 t/ha, mientras que, el nivel de solución nutritiva de 0 ml/litro de agua tuvo el promedio más bajo con 27.37 t/ha.

Tabla 60: *Análisis de varianza para el factor nivel de solución nutritiva (B)– Método Friedman.*

N° total	12
Estadístico de prueba	23.130
Grado de libertad	2
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.0000095

En la tabla 60 se presenta el análisis de varianza para el factor B, dosis de solución nutritiva, según el método no paramétrico de Friedman, en ella se observa que al 95% de confianza se presentaron diferencias significativas entre los niveles de solución nutritiva evaluados, ya que el valor de significancia asintótica de Friedman, 0.0000095, fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Por tanto, hubo efecto de los niveles de solución nutritiva sobre el peso fresco de raíces.

Tabla 61: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel baja de solución nutritiva (0 ml/litro de agua) y nivel medio de solución nutritiva (4 ml/litro de agua) – Peso fresco de raíces.*

Nivel de solución nutritiva	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Dosis 0 ml/litro de agua - Dosis 4 ml/litro de agua	-2,803b	0.005	Sig

Quispe et al., (2019) mencionan que la prueba de rangos con signo de Wilcoxon es una prueba no paramétrica utilizada para comparar promedios de muestras o tratamientos relacionados y determinar si existen diferencia entre ellas, es utilizado como una alternativa no paramétrica de la prueba de t de Student. En la tabla 61

se presenta la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo y nivel medio de solución nutritiva, en ella se observa que el nivel de solución nutritiva 0 ml/litro de agua con un promedio de 27.37 t/ha (tabla 59) fue diferente al nivel de 4 ml/litro de agua con un promedio de 36.50 t/ha (tabla 59), al presentarse diferencias significativas al 95% de confianza, ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.005 fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Es decir, el nivel medio de solución nutritiva fue superior estadísticamente el nivel bajo de solución nutritiva.

Tabla 62: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel baja de solución nutritiva (0 ml/litro de agua) y nivel alto de solución nutritiva (8 ml/litro de agua) – Peso fresco de raíces.*

Nivel de solución nutritiva	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Dosis 0 ml/litro de agua - Dosis 8 ml/litro de agua	-3,062b	0.002	Sig

Al comparar el nivel bajo y el nivel alto de solución nutritiva el nivel de 0 ml/litro de agua con un promedio de 27.37 t/ha (tabla 59) fue diferente al nivel 8 ml/litro de agua con un promedio de 43.54 t/ha (tabla 59), ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.002 fue inferior al nivel de significancia de 0.05, es decir el nivel alto fue estadísticamente superior al nivel bajo de solución nutritiva.

Tabla 63: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel medio de solución nutritiva (4 ml/litro de agua) y nivel alto de solución nutritiva (8 ml/litro de agua) – Peso fresco de raíces.*

Nivel de solución nutritiva	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Dosis 4 ml/litro de agua - Dosis 8 ml/litro de agua	-3,061b	0.002	Sig

Al comparar el nivel medio y alto de solución nutritiva se observa que el nivel de 4 ml/litro de agua con 36.50 t/ha de peso fresco de raíces fue estadísticamente diferente al nivel de 8 ml/litro de agua con un promedio 43.54 t/ha (tabla 59) por cuanto la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.002 fue inferior al nivel de significancia de 0.05, es decir el nivel alto fue superior al nivel medio de solución nutritiva.

6.5. Peso seco de raíces

Tabla 64: *Peso seco de raíces (t/ha)*

Clave	Tratamiento	Bloques			
		I	II	III	IV
T-1	0-0-0 + 0 ml/litro de agua	8.20	8.21	8.21	8.22
T-2	0-0-0 + 4 ml/litro de agua	8.20	8.21	8.22	8.22
T-3	0-0-0 + 8 ml/litro de agua	8.25	8.24	8.23	8.25
T-4	60-0-0 + 0 ml/litro de agua	8.40	8.43	8.43	8.44
T-5	60-0-0 + 4 ml/litro de agua	12.60	12.63	12.60	12.59
T-6	60-0-0 + 8 ml/litro de agua	15.00	15.06	15.04	15.05
T-7	100-0-0 + 0 ml/litro de agua	8.00	7.98	8.01	8.00
T-8	100-0-0 + 4 ml/litro de agua	12.00	12.03	12.05	12.04
T-9	100-0-0 + 8 ml/litro de agua	16.00	15.90	15.90	15.91

Tabla 65: *Estadísticos de tendencia central y dispersión - Peso seco de raíces (t/ha)*

Clave	Tratamiento	Promedio	Máx	Min	Mediana	Desviación estándar	C.V.
T-1	0-0-0 + 0 ml/litro de agua	8.21	8.22	8.20	8.21	0.01	0.10%
T-2	0-0-0 + 4 ml/litro de agua	8.21	8.22	8.20	8.22	0.01	0.12%
T-3	0-0-0 + 8 ml/litro de agua	8.24	8.25	8.23	8.25	0.01	0.12%
T-4	60-0-0 + 0 ml/litro de agua	8.43	8.44	8.40	8.43	0.02	0.21%
T-5	60-0-0 + 4 ml/litro de agua	12.61	12.63	12.59	12.60	0.02	0.14%
T-6	60-0-0 + 8 ml/litro de agua	15.04	15.06	15.00	15.05	0.03	0.17%
T-7	100-0-0 + 0 ml/litro de agua	8.00	8.01	7.98	8.00	0.01	0.16%
T-8	100-0-0 + 4 ml/litro de agua	12.03	12.05	12.00	12.04	0.02	0.18%
T-9	100-0-0 + 8 ml/litro de agua	15.93	16.00	15.90	15.91	0.05	0.30%
Promedio		10.74	16.00	7.98	10.74	0.02	0.17%

El peso seco de raíces por hectárea promedio fue de 10.74 t/ha, la mediana fue 10.74 t/ha de peso seco de raíces, el registró máximo fue de 16.0 t/ha y correspondió al tratamiento 100-0-0 de nivel de fertilización + 8 ml/litro de agua de micronutriente, mientras que, el promedio más bajo fue registrado en el tratamiento 100-0-0 + 0 ml/litro de agua con 7.98 t/ha de peso seco de raíces. La desviación estándar promedio fue de 0.00 y el coeficiente de variación promedio fue 0.17%.

Figura 30: Peso seco de raíces (t/ha)

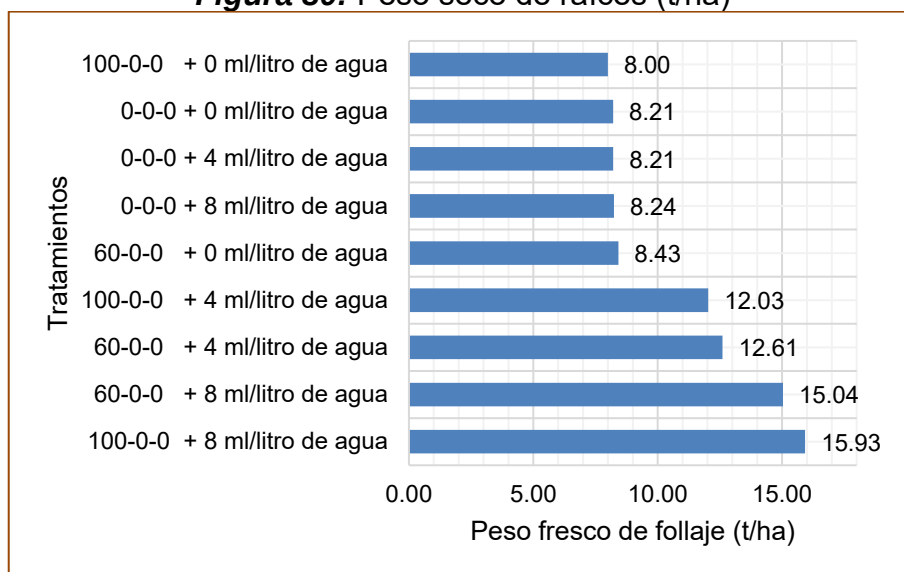
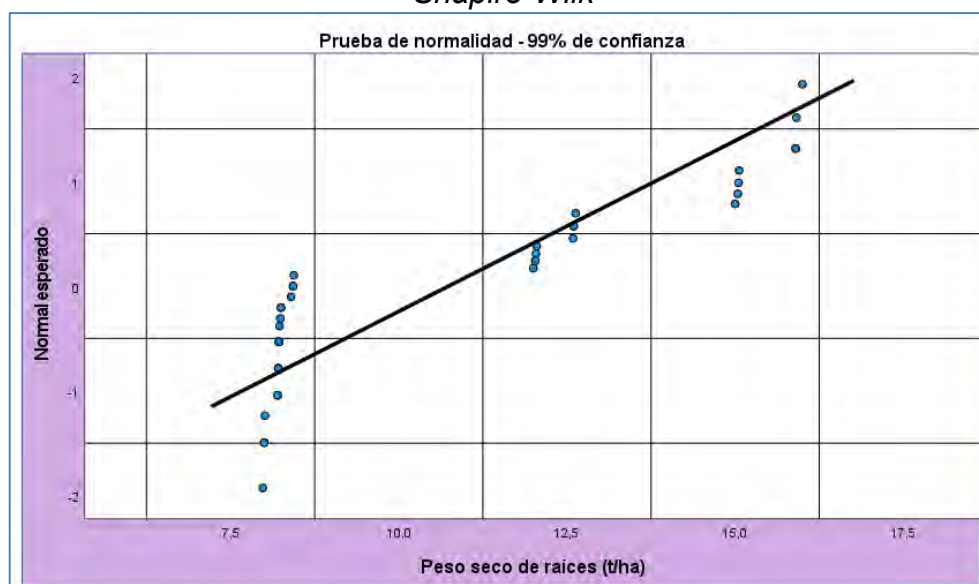


Tabla 66: Prueba de normalidad para peso seco de raíces (t/ha) - Método Shapiro-Wilk

Estadístico	gl	Sig.
0.771	36	0.000004

Figura 31: Prueba de normalidad para peso seco de raíces (t/ha) - Método Shapiro-Wilk



En la tabla 66 y figura 31 se presenta la prueba de normalidad al 99% de confianza, según el método Shapiro-Wilk, recomendado para series con menor de 50 datos, elaborado en el programa SPSS, en ella se observa que los datos registrados para

esta variable no presentan distribución probabilística normal, ya que, la significancia es menor a 0.01. Montgomery (2004) menciona que el análisis de varianza que utiliza el estadístico F de Fisher-Snedecor, se realiza únicamente con datos que se ajustan a la distribución probabilística normal, en caso contrario los datos deben ser analizados según la metodología de la estadística no paramétrica.

Debido a que los datos de peso seco de raíces no presentaron distribución probabilística normal, a pesar de que se realizó la transformación raíz cuadrada, el análisis se realizó utilizando la prueba de Friedman. Fernandez et al., (2010) señalan que la prueba de Friedman es una prueba no paramétrica y se realiza cuando los datos no tienen distribución normal, es equivalente al análisis de varianza que utiliza el estadístico F de Fisher-Snedecor.

Tabla 67: *Análisis de varianza para tratamientos – Método Friedman*

N° total	4
Estadístico de prueba	31.950
Grado de libertad	8
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.000095

En la tabla 67 se presenta el análisis de varianza para tratamientos, según el método no paramétrico de Friedman, en ella se observa que al 95% de confianza se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, ya que el valor de significancia asintótica de Friedman fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Por tanto, hubo efecto de los tratamientos sobre el peso seco de raíces.

Tabla 68: *Prueba de comparación de tratamientos – Método Friedman*

Tratamientos	Estadístico de prueba	Sig. Friedman	Significancia (0.05)
T7-T1	1.375	0.477675	NS
T7-T2	1.625	0.401387	NS
T7-T3	3.000	0.121335	NS
T7-T4	4.000	0.038867	Sig
T7-T8	-5.000	0.009823	Sig
T7-T5	6.000	0.001946	Sig
T7-T6	7.000	0.000301	Sig
T7-T9	-8.000	0.000036	Sig
T1-T2	-0.250	0.897279	NS
T1-T3	-1.625	0.401387	NS
T1-T4	-2.625	0.175244	NS

Tratamientos	Estadístico de prueba	Sig. Friedman	Significancia (0.05)
T1-T8	-3.625	0.061215	NS
T1-T5	-4.625	0.016925	Sig
T1-T6	-5.625	0.003676	Sig
T1-T9	-6.625	0.000624	Sig
T2-T3	-1.375	0.477675	NS
T2-T4	-2.375	0.220031	NS
T2-T8	-3.375	0.081361	NS
T2-T5	-4.375	0.023868	Sig
T2-T6	-5.375	0.005509	Sig
T2-T9	-6.375	0.000995	Sig
T3-T4	-1.000	0.605577	NS
T3-T8	-2.000	0.301700	NS
T3-T5	-3.000	0.121335	NS
T3-T6	-4.000	0.038867	Sig
T3-T9	-5.000	0.009823	Sig
T4-T8	-1.000	0.605577	NS
T4-T5	-2.000	0.301700	NS
T4-T6	-3.000	0.121335	NS
T4-T9	-4.000	0.038867	Sig
T8-T5	1.000	0.605577	NS
T8-T6	2.000	0.301700	NS
T8-T9	-3.000	0.121335	NS
T5-T6	-1.000	0.605577	NS
T5-T9	-2.000	0.301700	NS
T6-T9	-1.000	0.605577	NS

En la tabla 68 se presenta la comparación realizada entre pares de tratamientos por el Método de Friedman, en el que se utilizan las medianas y se considera todas las permutaciones posibles, en ella se observa, por ejemplo, que el tratamiento 100-0-0 + 4 ml/litro de agua (T-8) con un promedio de 12.03 t/ha y una mediana de 12.04 t/ha (datos presentados en la tabla 53) y el tratamiento 100-0-0 + 8 ml/litro de agua (T-9) con un promedio 15.93 t/ha y una mediana también de 15.91 t/ha (tabla 53) son estadísticamente iguales al 95% de confianza, ya que, la significancia asintótica de Friedman (0.121335) fue superior al nivel de significancia de 0.05, por otro lado, el tratamiento 0-0-0 + 0 ml/litro de agua (T-1) con promedio de 8.21 t/ha y una mediana de 8.21 t/ha (tabla 53) y el tratamiento el tratamiento 100-0-0 + 8 ml/litro de agua (T-9) con un promedio 15.91 t/ha y una mediana también de 15.91 t/ha fueron estadísticamente diferentes, ya que, la significancia asintótica de Friedman (0.000624) fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Para entender mejor las diferencias entre los tratamientos se presenta a continuación una matriz de significancia, tabla que fue elaborada con los resultados presentados en la tabla 56.

Tabla 69: Matriz de significancia al 95% de confianza – Método Friedman

Promedio	Mediana	Tratamiento	T-7	T-1	T-2	T-3	T-4	T-8	T-5	T-6
8.00	8.00	T-7								
8.21	8.21	T-1	NS							
8.21	8.22	T-2	NS	NS						
8.24	8.25	T-3	NS	NS	NS					
8.43	8.43	T-4	Sig	NS	NS	NS				
12.03	12.04	T-8	Sig	NS	NS	NS	NS			
12.61	12.60	T-5	Sig	Sig	NS	NS	NS	NS		
15.04	15.05	T-6	Sig	Sig	Sig	NS	NS	NS	NS	
15.93	15.91	T-9	Sig	Sig	Sig	Sig	Sig	NS	NS	NS

En la tabla 69 se observa la matriz de significancia al 95% de confianza, obtenida según el método de Friedman; resumida de la tabla 56; en ella se observa que el tratamiento T-9 (100-0-0 + 8 ml/litro de agua) con rendimiento promedio de 15.91 t/ha, fue diferente estadísticamente a los tratamientos: T-7 (100-0-0 + 0 ml/litro de agua) con un promedio de 8.0 t/ha, T-1 (0-0-0 + 0 ml/litro de agua) con un promedio de 8.21 t/ha, T-2 (0-0-0 + 4 ml/litro de agua) con un promedio de 8.21 t/ha, T-3 (0-0-0 + 8 ml/litro de agua) con un promedio de 8.24 t/ha y T-4 (60-0-0 + 0 ml/litro de agua) con 8.43 t/ha, así mismo, fue estadísticamente igual a los tratamientos: T-8 (100-0-0 + 4 ml/litro de agua) con 12.03 t/ha, T-5 (60-0-0 + 4 ml/litro de agua) con 12.61 t/ha y T-6 (60-0-0 + 8 ml/litro de agua) con 15.04 t/ha. El tratamiento 9 (100-0-0 + 8 ml/litro de agua) tuvo el promedio más alto 15.93 t/ha de peso seco de raíces.

Tabla 70: Datos ordenados para niveles de fertilización (factor A) – Peso seco de raíces (t/ha).

Dosis de solución nutritiva	Nivel de fertilización		
	0-0-0	60-0-0	100-0-0
0 ml/litro de agua	8.20	8.40	8.00
	8.21	8.43	7.98
	8.21	8.43	8.01
	8.22	8.44	8.00
4 ml/litro de agua	8.20	12.60	12.00
	8.21	12.63	12.03
	8.22	12.60	12.05
	8.22	12.59	12.04
8 ml/litro de agua	8.25	15.00	16.00
	8.24	15.06	15.90
	8.23	15.04	15.90
	8.25	15.05	15.91

Promedio	8.22	12.02	11.99
Mediana	8.22	12.60	12.04

En la tabla 70 se presenta el peso seco de raíces ordenado para los niveles de fertilización, en ella se observa que el promedio del nivel de fertilización 100-0-00 fue el más alto con 11.99 t/ha, mientras que, el nivel de fertilización 0-0-0 tuvo el promedio más bajo con 8.22 t/ha.

Tabla 71: *Análisis de varianza para el factor nivel de fertilización (A)– Método Friedman.*

N° total	12
Estadístico de prueba	12.500
Grado de libertad	2
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.00193

En la tabla 71 se presenta el análisis de varianza para el factor A, niveles de fertilización, según el método no paramétrico de Friedman, en ella se observa que al 95% de confianza se presentaron diferencias significativas entre los niveles del factor A evaluados, ya que el valor de significancia asintótica de Friedman, 0.00193, fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Por tanto, hubo efecto de los niveles de fertilización sobre el peso seco de raíces.

Tabla 72: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo de fertilización (0-0-0) y nivel de fertilización medio (60-0-0)– Peso seco de raíces.*

Nivel de fertilización	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Nivel 0-0-0 - Nivel 60-0-0	-3,064b	0.002	Sig

Quispe et al., (2019) mencionan que la prueba de rangos con signo de Wilcoxon es una prueba no paramétrica utilizada para comparar promedios de muestras o tratamientos relacionados y determinar si existen diferencias entre ellas, es utilizado como una alternativa no paramétrica de la prueba de t de Student. En la tabla 72 se presenta la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo y medio de fertilización, en ella se observa que el nivel de fertilización 00-00 con un promedio de 8.22 t/ha (tabla 70), fue estadísticamente diferente al nivel de fertilización de 60-0-0 con un promedio de 12.02 t/ha (tabla 70), al no presentarse diferencias significativas al 95% de confianza, ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon

de 0.002 fue mayor al nivel de significancia de 0.05. Es decir, el nivel de fertilización media es superior estadísticamente al nivel de fertilización bajo.

Tabla 73: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo de fertilización (0-0-0) y nivel de fertilización alto (100-0-0)– Peso seco de raíces.*

Nivel de fertilización	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Nivel 0-0-0 - Nivel 100-0-0	-2,278b	0.023	Sig

Al comparar el nivel de fertilización bajo y alto se observa que el nivel de 0-0-0 con un promedio de 8.22 t/ha (tabla 70), fue diferente al nivel de 100-0-0 con un promedio de 11.99 t/ha (tabla 70), ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.023 fue inferior al nivel de significancia de 0.05, es decir, el nivel de fertilización alto fue estadísticamente superior al nivel de fertilización bajo.

Tabla 74: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel medio de fertilización (0-0-0) y nivel de fertilización alto (60-0-0)– Peso seco de raíces.*

Nivel de fertilización	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Nivel 60-0-0 - Nivel 100-0-0	-,236b	0.814	NS

Al comparar el nivel medio y alto de fertilización se observa que el nivel de 60-0-0 con 12.02 t/ha de peso fresco de raíces fue estadísticamente igual al nivel de 100-0-0 con un promedio de 11.99 t/ha (tabla 70), por cuanto la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.814 fue superior al nivel de significancia de 0.05, es decir los niveles medio y alto fueron estadísticamente iguales.

Tabla 75: Datos ordenados para dosis de solución nutritiva (factor B) – Peso seco de raíces (t/ha)

Nivel de fertilización	Dosis de solución nutritiva		
	0 ml/litro de agua	4 ml/litro de agua	8 ml/litro de agua
0-0-0	8.20	8.20	8.25
	8.21	8.21	8.24
	8.21	8.22	8.23
	8.22	8.22	8.25
60-0-0	8.40	12.60	15.00
	8.43	12.63	15.06
	8.43	12.60	15.04

	8.44	12.59	15.05
	8.00	12.00	16.00
100-0-0	7.98	12.03	15.90
	8.01	12.05	15.90
	8.00	12.04	15.91
Promedio	8.21	10.95	13.07
Mediana	8.21	12.04	15.05

En la tabla 75 se presenta el peso seco de raíces ordenado para los niveles de solución nutritiva correspondiente al factor B, en ella se observa que el promedio del nivel de solución nutritiva de 8 ml/litro de agua fue el más alto con 13.07 t/ha, mientras que, el nivel de solución nutritiva de 0 ml/litro de agua tuvo el promedio más bajo con 8.21 t/ha.

Tabla 76: *Análisis de varianza para el factor dosis de solución nutritiva (B)– Método Friedman.*

N° total	12
Estadístico de prueba	17.733
Grado de libertad	2
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.000141

En la tabla 75 se presenta el análisis de varianza para el factor B, dosis de solución nutritiva, según el método no paramétrico de Friedman, en ella se observa que al 95% de confianza se presentaron diferencias significativas entre los niveles de solución nutritiva evaluados, ya que el valor de significancia asintótica de Friedman, 0.000141, fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Por tanto, hubo efecto de los niveles de solución nutritiva sobre el peso seco de raíces.

Tabla 77: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo de solución nutritiva (0 ml/litro de agua) y nivel medio de solución nutritiva (4 ml/litro de agua) – Peso seco de raíces.*

Nivel de solución nutritiva	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Dosis 0 ml/litro de agua - Dosis 4 ml/litro de agua	-2,670b	0.008	Sig

Quispe et al., (2019) mencionan que la prueba de rangos con signo de Wilcoxon es una prueba no paramétrica utilizada para comparar promedios de muestras o tratamientos relacionados y determinar si existen diferencia entre ellas, es utilizado como una alternativa no paramétrica de la prueba de t de Student. En la tabla 77

se presenta la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo y medio de solución nutritiva, en ella se observa que el nivel de solución nutritiva 0 ml/litro de agua con un promedio de 8.21 t/ha (tabla 75) fue diferente al nivel de 4 ml/litro de agua con un promedio de 10.95 t/ha (tabla 75), al presentarse diferencias significativas al 95% de confianza, ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.002 fue inferior al nivel de significancia de 0.05, es decir, el nivel medio de solución nutritiva fue mejor que el nivel bajo.

Tabla 78: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo de solución nutritiva (0 ml/litro de agua) y nivel alto de solución nutritiva (8 ml/litro de agua) – Peso seco de raíces.*

Nivel de solución nutritiva	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Dosis 0 ml/litro de agua - Dosis 8 ml/litro de agua	-3,062b	0.002	Sig

Al comparar el nivel de dosis baja con dosis alta se observa el nivel de 0 ml/litro de agua con un promedio de 8.21 t/ha (tabla 75) fue diferente al nivel 8 ml/litro de agua con un promedio de 13.07 t/ha (tabla 75), ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.023 fue inferior al nivel de significancia de 0.05, es decir, el nivel de solución nutritiva alta es superior al nivel bajo.

Tabla 79: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel medio de solución nutritiva (4 ml/litro de agua) y nivel alto de solución nutritiva (8 ml/litro de agua) – Peso seco de raíces.*

Nivel de solución nutritiva	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Dosis 4 ml/litro de agua - Dosis 8 ml/litro de agua	-3,062b	0.002	Sig

Al comparar la dosis media y alta de solución nutritiva se observa que, el nivel de 4 ml/litro de agua con 10.95 t/ha de peso fresco de raíces fue estadísticamente diferente al nivel de 8 ml/litro de agua con un promedio de 13.07 t/ha (tabla 75), por cuanto la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.002 fue inferior al nivel de significancia de 0.05, es decir el nivel de dosis alta fue superior al nivel de dosis media.

6.6. Longitud de raíz

Tabla 80: Longitud de raíz (cm).

Clave	Tratamiento	Bloques			
		I	II	III	IV
T-1	0-0-0 + 0 ml/litro de agua	15.0	16.0	15.0	16.0
T-2	0-0-0 + 4 ml/litro de agua	15.0	15.0	15.0	16.0
T-3	0-0-0 + 8 ml/litro de agua	16.0	17.0	16.0	16.0
T-4	60-0-0 + 0 ml/litro de agua	18.0	18.0	17.0	17.0
T-5	60-0-0 + 4 ml/litro de agua	20.0	19.0	19.0	20.0
T-6	60-0-0 + 8 ml/litro de agua	21.0	20.0	20.0	21.0
T-7	100-0-0 + 0 ml/litro de agua	20.0	21.0	22.0	21.0
T-8	100-0-0 + 4 ml/litro de agua	20.0	21.0	21.0	20.0
T-9	100-0-0 + 8 ml/litro de agua	21.0	22.0	21.0	21.0

Tabla 81: Estadísticos de tendencia central y dispersión - Longitud de raíz (cm).

Clave	Tratamiento	Promedio	Máx	Min	Mediana	Desviación estándar	C.V.
T-1	0-0-0 + 0 ml/litro de agua	15.50	16.00	15.00	15.50	0.58	3.72%
T-2	0-0-0 + 4 ml/litro de agua	15.25	16.00	15.00	15.00	0.50	3.28%
T-3	0-0-0 + 8 ml/litro de agua	16.25	17.00	16.00	16.00	0.50	3.08%
T-4	60-0-0 + 0 ml/litro de agua	17.50	18.00	17.00	17.50	0.58	3.30%
T-5	60-0-0 + 4 ml/litro de agua	19.50	20.00	19.00	19.50	0.58	2.96%
T-6	60-0-0 + 8 ml/litro de agua	20.50	21.00	20.00	20.50	0.58	2.82%
T-7	100-0-0 + 0 ml/litro de agua	21.00	22.00	20.00	21.00	0.82	3.89%
T-8	100-0-0 + 4 ml/litro de agua	20.50	21.00	20.00	20.50	0.58	2.82%
T-9	100-0-0 + 8 ml/litro de agua	21.25	22.00	21.00	21.00	0.50	2.35%
Promedio		18.58	22.00	15.00	18.50	0.58	3.13%

La longitud de raíz promedio fue de 18.58 cm, la mediana fue de 18.5 cm de longitud de raíz, el registró máximo fue de 22.0 cm y correspondió a los tratamientos: 100-0-0 de nivel de fertilización + 8 ml/litro de agua de micronutriente y 100-0-0 + 0 ml/litro de agua de micronutriente, mientras que, el promedio más bajo fue registrado en los tratamientos: 0-0-0 + 0 ml/litro de agua y 0-0-0 y 4 ml/litro de agua de micronutriente con 15 cm de longitud de raíz. La desviación estándar promedio fue de 0.58 y el coeficiente de variación promedio fue 3.13%.

Figura 32: Longitud de raíz (cm)

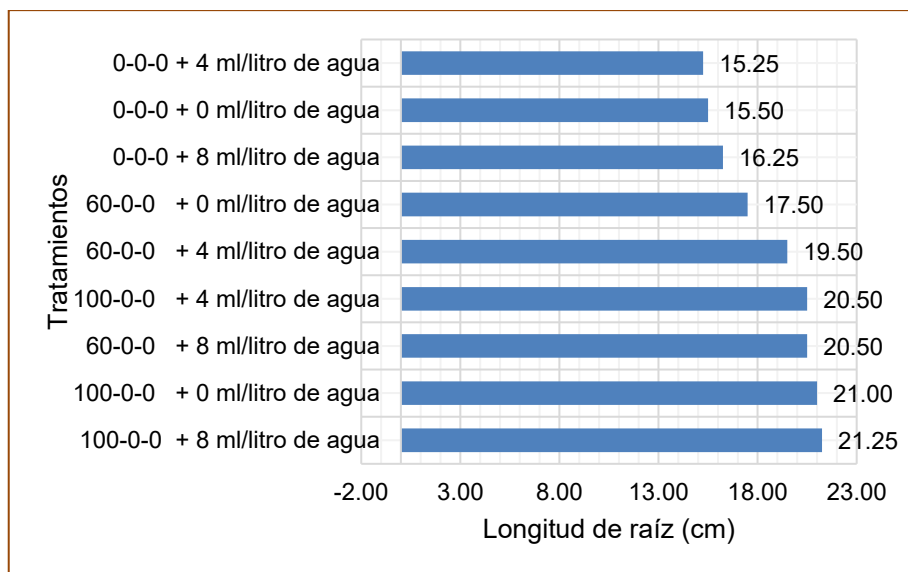
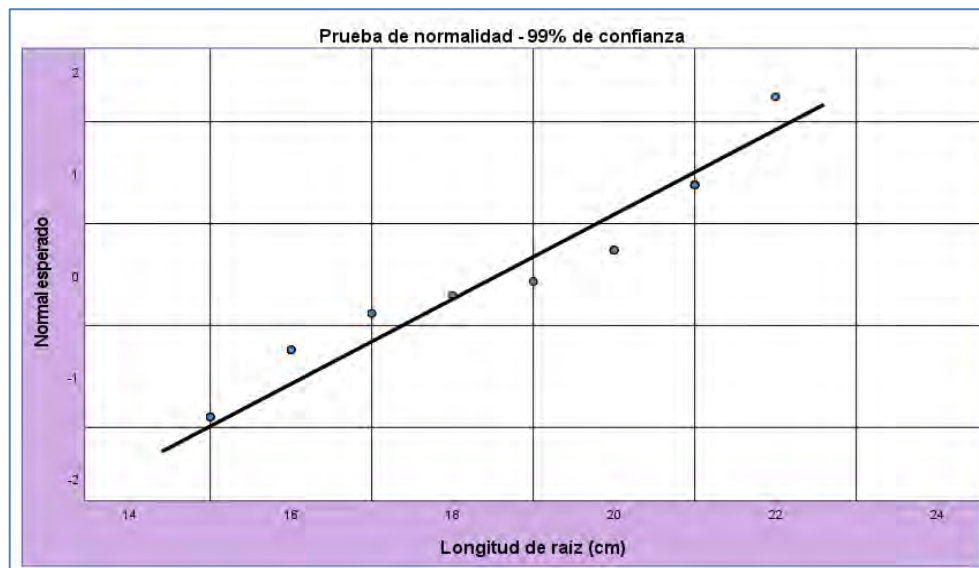


Tabla 82: Prueba de normalidad para longitud de raíz (cm) - Método Shapiro-Wilk.

Estadístico	gl	Sig.
0.871	36	0.0006

Figura 33: Prueba de normalidad para longitud de raíz (cm) - Método Shapiro-Wilk



En la tabla 82 y figura 33 se presenta la prueba de normalidad al 99% de confianza, según el método Shapiro-Wilk, recomendado para series con menor de 50 datos, elaborado en el programa SPSS, en ella se observa que los datos registrados para esta variable no presentan distribución probabilística normal, ya que, la significancia es menor a 0.01. Montgomery (2004) menciona que el análisis de varianza que

utiliza el estadístico F de Fisher-Snedecor, se realiza únicamente con datos que se ajustan a la distribución probabilística normal, en caso contrario los datos deben ser analizados según la metodología de la estadística no paramétrica.

Debido a que los datos de longitud de raíz no presentaron distribución probabilística normal, a pesar de que se realizó la transformación raíz cuadrada, el análisis se realizó utilizando la prueba de Friedman. Fernandez et al., (2010) señalan que la prueba de Friedman es una prueba no paramétrica y se realiza cuando los datos no tienen distribución normal, es equivalente al análisis de varianza que utiliza el estadístico F de Fisher-Snedecor.

Tabla 83: *Análisis de varianza para tratamientos – Método Friedman.*

N° total	4
Estadístico de prueba	29.714
Grado de libertad	8
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.00024

En la tabla 83 se presenta el análisis de varianza para tratamientos, según el método no paramétrico de Friedman, en ella se observa que al 95% de confianza se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, ya que el valor de significancia asintótica de Friedman fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Por tanto, hubo efecto de los tratamientos sobre la longitud de raíz.

Tabla 84: *Prueba de comparación de tratamientos – Método Friedman.*

Tratamientos	Estadístico de prueba	Sig. Friedman	Significancia (0.05)
T2-T1	0.250	0.897279	NS
T2-T3	-1.250	0.518605	NS
T2-T4	-2.500	0.196706	NS
T2-T5	-3.875	0.045388	Sig
T2-T8	-5.125	0.008132	Sig
T2-T6	-5.625	0.003676	Sig
T2-T7	-6.125	0.001562	Sig
T2-T9	-6.750	0.000491	Sig
T1-T3	-1.000	0.605577	NS
T1-T4	-2.250	0.245278	NS
T1-T5	-3.625	0.061215	NS
T1-T8	-4.875	0.011821	Sig
T1-T6	-5.375	0.005509	Sig
T1-T7	-5.875	0.002415	Sig
T1-T9	-6.500	0.000789	Sig

Tratamientos	Estadístico de prueba	Sig. Friedman	Significancia (0.05)
T3-T4	-1.250	0.518605	NS
T3-T5	-2.625	0.175244	NS
T3-T8	-3.875	0.045388	Sig
T3-T6	-4.375	0.023868	Sig
T3-T7	-4.875	0.011821	Sig
T3-T9	-5.500	0.004509	Sig
T4-T5	-1.375	0.477675	NS
T4-T8	-2.625	0.175244	NS
T4-T6	-3.125	0.106583	NS
T4-T7	-3.625	0.061215	NS
T4-T9	-4.250	0.028186	Sig
T5-T8	-1.250	0.518605	NS
T5-T6	-1.750	0.366157	NS
T5-T7	-2.250	0.245278	NS
T5-T9	-2.875	0.137638	NS
T8-T6	0.500	0.796253	NS
T8-T7	1.000	0.605577	NS
T8-T9	-1.625	0.401387	NS
T6-T7	-0.500	0.796253	NS
T6-T9	-1.125	0.561276	NS
T7-T9	-0.625	0.746886	NS

En la tabla 84 se presenta la comparación realizada entre pares de tratamientos por el Método de Friedman, en el que se utilizan las medianas y se considera todas las permutaciones posibles, en ella se observa, por ejemplo, que el tratamiento 100-0-0 + 4 ml/litro de agua (T-8) con un promedio de 20.50 cm y una mediana de 20.50 cm (datos presentados en la tabla 65) y el tratamiento 100-0-0 + 8 ml/litro de agua (T-9) con un promedio 21.25 cm y una mediana también de 21.0 cm (tabla 65) son estadísticamente iguales al 95% de confianza, ya que, la significancia asintótica de Friedman (0.401387) fue superior al nivel de significancia de 0.05, por otro lado, el tratamiento 0-0-0 + 0 ml/litro de agua (T-1) con promedio de 15.50 cm y una mediana de 15.50 cm (tabla 65) y el tratamiento el tratamiento 100-0-0 + 8 ml/litro de agua (T-9) con un promedio 21.25 cm y una mediana también de 21.0 m fueron estadísticamente diferentes, ya que, la significancia asintótica de Friedman (0.000789) fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Para entender mejor las diferencias entre los tratamientos se presenta a continuación una matriz de significancia, tabla que fue elaborada con los resultados presentados en la tabla 68.

Tabla 85: Matriz de significancia al 95% de confianza – Método Friedman.

Promedio	Mediana	Tratamiento	T-2	T-1	T-3	T-4	T-5	T-8	T-6	T-7
15.25	15.00	T-2								

15.50	15.50	T-1	NS									
16.25	16.00	T-3	NS	NS								
17.50	17.50	T-4	NS	NS	NS							
19.50	19.50	T-5	Sig	NS	NS	NS						
20.50	20.50	T-8	Sig	Sig	Sig	NS	NS					
20.50	20.50	T-6	Sig	Sig	Sig	NS	NS	NS				
21.00	21.00	T-7	Sig	Sig	Sig	NS	NS	NS	NS			
21.25	21.00	T-9	Sig	Sig	Sig	Sig	NS	NS	NS	NS	NS	NS

En la tabla 85 se observa la matriz de significancia al 95% de confianza, obtenida según el método de Friedman; resumida de la tabla 68; en ella se observa que el tratamiento T-9 (100-0-0 + 8 ml/litro de agua) con rendimiento promedio de 21.25 cm, fue diferente estadísticamente a los tratamientos: T-1 (0-0-0 + 0 ml/litro de agua) con un promedio de 15.5 cm, T-2 (0-0-0 + 4 ml/litro de agua) con un promedio de 15.25 cm, T-3 (0-0-0 + 8 ml/litro de agua) con un promedio de 16.25 cm y T-4 (60-0-0 + 0 ml/litro de agua) con 17.5 cm, así mismo, fue estadísticamente igual a los tratamientos: T-8 (100-0-0 + 4 ml/litro de agua) con 20.50 cm, T-5 (60-0-0 + 4 ml/litro de agua) con 19.50 cm, T-6 (60-0-0 + 8 ml/litro de agua) con 20.50 cm y T-7 (100-0-0 + 0 ml/litro de agua) con un promedio de 21.0 cm. El tratamiento 9 (100-0-0 + 8 ml/litro de agua) tuvo el promedio más alto 21.25 cm de longitud de raíz.

Tabla 86: Datos ordenados para niveles de fertilización (factor A) – Longitud de raíz (cm).

Dosis de solución nutritiva	Nivel de fertilización		
	0-0-0	60-0-0	100-0-0
0 ml/litro de agua	15.00	18.00	20.00
	16.00	18.00	21.00
	15.00	17.00	22.00
	16.00	17.00	21.00
	15.00	20.00	20.00
4 ml/litro de agua	15.00	19.00	21.00
	15.00	19.00	21.00
	16.00	20.00	20.00
	16.00	21.00	21.00
	17.00	20.00	22.00
8 ml/litro de agua	16.00	20.00	21.00
	16.00	21.00	21.00
Promedio	15.67	19.17	20.92
Mediana	16.00	19.50	21.00

En la tabla 86 se presenta la longitud de raíz ordenado para los niveles de fertilización, en ella se observa que el promedio del nivel de fertilización 100-0-00 fue el más alto con 20.92 cm, mientras que, el nivel de fertilización 0-0-0 tuvo el promedio más bajo con 15.67 cm.

Tabla 87: *Análisis de varianza para el factor nivel de fertilización (A)– Método Friedman.*

N° total	12
Estadístico de prueba	22.545
Grado de libertad	2
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.000013

En la tabla 87 se presenta el análisis de varianza para el factor A, niveles de fertilización, según el método no paramétrico de Friedman, en ella se observa que al 95% de confianza se presentaron diferencias significativas entre los niveles del factor A evaluados, ya que el valor de significancia asintótica de Friedman, 0.000013, fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Por tanto, hubo efecto de los niveles de fertilización sobre la longitud de raíz.

Tabla 88: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo de fertilización (0-0-0) y nivel medio de fertilización (60-0-0) – Longitud de raíz.*

Nivel de fertilización	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Nivel 0-0-0 - Nivel 60-0-0	-3,078b	0.002	Sig

Quispe et al., (2019) mencionan que la prueba de rangos con signo de Wilcoxon es una prueba no paramétrica utilizada para comparar promedios de muestras o tratamientos relacionados y determinar si existen diferencias entre ellas, es utilizado como una alternativa no paramétrica de la prueba de t de Student. En la tabla 88 se presenta la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo y medio de fertilización, en ella se observa que el nivel de fertilización 00-00 con un promedio de 15.67 cm (tabla 86), fue estadísticamente diferente al nivel de fertilización de 60-0-0 con un promedio de 19.17 cm (tabla 86), al presentarse diferencias significativas al 95% de confianza, ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.002 fue mayor al nivel de significancia de 0.05, es decir, en nivel de fertilización media fue superior al nivel de fertilización baja.

Tabla 89: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo de fertilización (0-0-0) y nivel alto de fertilización (100-0-0) – Longitud de raíz.*

Nivel de fertilización	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Nivel 0-0-0 - Nivel 100-0-0	-3,165b	0.002	Sig

Al comparar el nivel bajo y alto de fertilización se observa que el nivel de 0-0-0 con un promedio de 15.67 cm (tabla 86), fue diferente al nivel de 100-0-0 con un promedio de 20.92 cm (tabla 86), ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.002 fue inferior al nivel de significancia de 0.05, es decir, el nivel alto de fertilización es superior al nivel de fertilización baja.

Tabla 90: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel medio de fertilización (60-0-0) y nivel alto de fertilización (100-0-0) – Longitud de raíz.*

Nivel de fertilización	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Nivel 60-0-0 - Nivel 100-0-0	-2,552b	0.011	Sig

Al comparar el nivel medio y alto de fertilización se observa que el nivel de 60-0-0 con 12.02 t/ha de peso fresco de raíces fue estadísticamente diferente al nivel de 100-0-0 con un promedio de 20.92 cm (tabla 86), por cuanto la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.011 fue inferior al nivel de significancia de 0.05, es decir, el nivel de fertilización alto fue superior al nivel de fertilización medio.

Tabla 91: Datos ordenados para dosis de solución nutritiva (factor B) – Longitud de raíz (cm).

Nivel de fertilización	Dosis de solución nutritiva		
	0 ml/litro de agua	4 ml/litro de agua	8 ml/litro de agua
0-0-0	15.00	15.00	16.00
	16.00	15.00	17.00
	15.00	15.00	16.00
	16.00	16.00	16.00
	18.00	20.00	21.00
60-0-0	18.00	19.00	20.00
	17.00	19.00	20.00
	17.00	20.00	21.00
	20.00	20.00	21.00
	21.00	21.00	22.00
100-0-0	22.00	21.00	21.00
	21.00	20.00	21.00

Promedio	18.00	18.42	19.33
Mediana	17.50	19.50	20.50

En la tabla 91 se presenta el peso seco de raíces ordenado para los niveles de solución nutritiva correspondiente al factor B, en ella se observa que el promedio del nivel de solución nutritiva de 8 ml/litro de agua fue el más alto con 198.33 cm, mientras que, el nivel de solución nutritiva de 0 ml/litro de agua tuvo el promedio más bajo con 18.0 cm.

Tabla 92: *Análisis de varianza para el factor dosis de solución nutritiva (B)– Método Friedman.*

N° total	12
Estadístico de prueba	12.789
Grado de libertad	2
Sig. asintótica (prueba bilateral)	0.00167

En la tabla 92 se presenta el análisis de varianza para el factor B, dosis de solución nutritiva, según el método no paramétrico de Friedman, en ella se observa que al 95% de confianza se presentaron diferencias significativas entre los niveles de solución nutritiva evaluados, ya que el valor de significancia asintótica de Friedman, 0.00167, fue inferior al nivel de significancia de 0.05. Por tanto, hubo efecto de los niveles de solución nutritiva sobre la longitud de raíz.

Tabla 93: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis baja de solución nutritiva (0 ml/litro de agua) y dosis media de solución nutritiva (4 ml/litro de agua)– Longitud de raíz.*

Nivel de solución nutritiva	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Dosis 0 ml/litro de agua - Dosis 4 ml/litro de agua	-1,121b	0.262	NS

Quispe et al., (2019) mencionan que la prueba de rangos con signo de Wilcoxon es una prueba no paramétrica utilizada para comparar promedios de muestras o tratamientos relacionados y determinar si existen diferencia entre ellas, es utilizado como una alternativa no paramétrica de la prueba de t de Student. En la tabla 93 se presenta la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para nivel bajo y medio de solución nutritiva, en ella se observa que el nivel de solución nutritiva 0 ml/litro de agua con un promedio de 18.0 cm (tabla 91) fue igual al nivel de 4 ml/litro de agua

con un promedio de 18.42 cm (tabla 91), al no presentarse diferencias significativas al 95% de confianza, ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.262 fue mayor al nivel de significancia de 0.05, es decir, el nivel medio fue superior al nivel bajo de solución nutritiva.

Tabla 94: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis baja de solución nutritiva (0 ml/litro de agua) y dosis alta de solución nutritiva (8 ml/litro de agua)– Longitud de raíz.*

Nivel de solución nutritiva	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Dosis 0 ml/litro de agua - Dosis 8 ml/litro de agua	-2,506b	0.012	Sig

Al comparar la dosis baja y alta de solución nutritiva se observa que el nivel de 0 ml/litro de agua con un promedio de 18.0 cm (tabla 91) fue diferente al nivel 8 ml/litro de agua con un promedio de 19.33 cm (tabla 91), ya que, la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.012 fue inferior al nivel de significancia de 0.05, es decir la dosis alta fue superior a la dosis baja de solución nutritiva.

Tabla 95: *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dosis media de solución nutritiva (4 ml/litro de agua) y dosis alta de solución nutritiva (8 ml/litro de agua)– Longitud de raíz.*

Nivel de solución nutritiva	Z	Sig. asin. (bilateral)	Significancia (0.05)
Dosis 4 ml/litro de agua - Dosis 8 ml/litro de agua	-3,051b	0.002	Sig

Al comparar la dosis media y alta de solución nutritiva se observa que el nivel de 4 ml/litro de agua con 18.42 cm de longitud de raíz fue estadísticamente diferente al nivel de 8 ml/litro de agua con un promedio de 19.33 cm (tabla 91), por cuanto la significancia asintótica de Wilcoxon de 0.002 fue inferior al nivel de significancia de 0.05, es decir la dosis alta fue superior a la dosis media de solución nutritiva.

VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

CONCLUSIONES

Para peso fresco de follaje se presentaron diferencias significativas al 95% de confianza, el tratamiento 9 (100-0-0 + 8 ml/litro de agua) tuvo el mejor promedio con 95.75 t/ha, se presentó diferencias significativas para niveles de fertilización y dosis de solución nutritiva, el nivel de fertilización 100-0-0 tuvo el mejor promedio con 69.27 t/ha y las dosis de 4 y 8 ml/litro de agua tuvieron los mejores promedios con 48.01 y 59.34 t/ha. Para peso seco de follaje se presentaron diferencias significativas al 95% de confianza, el tratamiento 9 (100-0-0 + 8 ml/litro de agua) tuvo el mejor promedio con 19.15 t/ha, se presentó diferencias significativas para niveles de fertilización y dosis de solución nutritiva, el nivel de fertilización 100-0-0 tuvo el mejor promedio con 13.85 t/ha y las dosis de 4 y 8 ml/litro de agua tuvieron los mejores promedios con 9.62 y 11.87 t/ha. Para altura de planta el mejor nivel de fertilización fue 100-0-0 con un promedio de 50.58 cm, la mejor dosis de micronutriente 8 ml/litro de agua con 50.5 cm, las mejores interacciones: 100-0-0 y 0 ml/litro de agua con 49.5 cm, 60-0-0 y 4 ml/litro de agua con 50.5 cm y 100-0-0 y 8 ml/litro de agua con 52.5 cm.

Para peso fresco de raíces se presentaron diferencias significativas al 95% de confianza, el tratamiento 9 (100-0-0 + 8 ml/litro de agua) tuvo mejor promedio con 53.09 t/ha, se presentó diferencias significativas para niveles de fertilización y dosis de solución nutritiva, los niveles 100-0-0 y 60-0-0 tuvieron el mejor promedio con 39.95 y 40.06 t/ha y la dosis de 8 ml/litro de agua tuvo el mejor promedio con 43.54 t/ha. Para seco de raíces se presentaron diferencias significativas al 95% de confianza, el tratamiento 9 (100-0-0 + 8 ml/litro de agua) tuvo el mejor promedio con 15.93 t/ha, se presentó diferencias significativas para niveles de fertilización y dosis de solución nutritiva, los niveles 100-0-0 y 60-0-0 tuvieron el mejor promedio con 12.02 y 11.99 t/ha y la dosis de 8 ml/litro de agua tuvo el mejor promedio con 13.07 t/ha. Para longitud de raíz se presentaron diferencias significativas al 95% de confianza, el tratamiento 9 (100-0-0 + 8 ml/litro de agua) tuvo el mejor promedio con 21.25 cm, se presentó diferencias significativas para niveles de fertilización y dosis de solución nutritiva, el nivel 100-0-0 tuvo el mejor promedio con 20.92 cm y la dosis de 8 ml/litro de agua tuvo el mejor promedio con 19.33 cm.

SUGERENCIAS

1. Se sugiere continuar la investigación con diferentes niveles de fertilización y en diferentes pisos altitudinales.
2. Se sugiere investigar con diferentes variedades, los mismos niveles de fertilización e iguales dosis de micronutriente.
3. Se sugiere investigar niveles de fertilización y dosis de micronutrientes con la finalidad de obtener semilla de cilantro.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, N. (2004). *Efecto de la aplicación de composta, lombricomposta y biodigestados líquidos en el crecimiento, rendimiento y calidad de follaje en el cultivo de cilantro (Coriandum sativum, L.)*. Buenavista, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Barry, C. (1997). *Hidroponía: Soluciones Nutritivas. Boletín Informativo*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Cabralles, E., & Ayala, J. (2020). *Respuesta del cilantro (Coriandrum sativum L.) a distintas proporciones de compost en condiciones semicontroladas en Cordoba - Colombia*. Quito, Ecuador: Suelos Ecuatoriales.
- Carbajal, J. (2018). *Efecto de dosis de soluciones nutritivas en la producción de ajo (Allium sativum L.) mediante la técnica de cultivo acolchado plástico - K'ayra – Cusco*. Cusco, Perú: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Cásseres, E. (1981). *Producción de hortalizas*. San José, Costa Rica : Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA.
- Chavez, E. (2016). *Efecto de dos sistemas de siembra en el rendimiento de Coriandrum sativum L. Santo en Pichunchuco, Santiago de Chuco - La Libertad*. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Cronquist, A. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants*. New York: Columbia University Press.
- Cruz, E., Can, A., Loera, L., Aguilar, G., Pineda, J., & Bugarin, R. (2017). *Extracción de N-P-K en Coriandrum sativum Pakistan' en hidroponia*. México: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.
- FAO. (2002). *Los fertilizantes y su uso*. Roma, Italia : Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación - FAO.
- Fernandez, R., Trapero, A., & Dominguez, J. (2010). *Experimentación agrícola*. Sevilla, España: Consejería de Agricultura y Pesca.
- Flores, M. (2018). *Evaluación de sustratos y soluciones nutritivas en la producción hidropónica con sustratos sólidos en fresa (Fragaria x ananassa)*. Cevallos, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Gilsanz, J. (2007). *Hidroponia*. Montevideo, Uruguay: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

- Guanotasig, M. (2011). *Fertilización foliar orgánica en el cultivo de cilantro (Coriandrum sativum L.) en la zona de Pujili provincia de Cotopaxi*. Los Ríos, Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Guarachi, M. (2018). *Evaluación del efecto de biol y te de humus de lombriz como fertilizante en el desarrollo del cultivo de cilantro (Coriandrum sativum), bajo ambiente atemperado en el centro experimental de Cota Cota*. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
- Hernandez, J. (2003). *Crecimiento y desarrollo del cilantro Conandrum sativum L. por efecto del fotoperiodo y la temperatura y su control con fitoreguladores*. Nuevo León, España: Universidad Autónoma de Nueva León.
- Huaman, Y. (2022). *Efecto de cinco bioestimulantes foliares en el rendimiento y comportamiento agronómico en arveja verde (Pisum sativum L. var. Quantum) en el Centro Agronómico K'ayra - San Jerónimo Cusco*. Cusco, Perú: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Imas, P. (1999). *International Potash Institute, manejo de nutrientes por fertirriego en sistemas frutohortícolas*. Buenos Aires, Argentina: Congreso Argentino de Horticultura.
- Kehr, E., Tropa, S., & Martinez, J. (2014). *Aspectos generales para el cultivo del cilantro (Coriandrum sativum L.)*. Santiago, Chile : Insititución de Investigación Agropecuria - INIA.
- López, G., Magaña, N., & Vázquez, C. (2014). *Cultivo del cilantro*. México: SAGARPA.
- Martinez, L. (1998). *Manual de fertirrigación*. Santiago, Chile: Centro Regional de Investigación Intihuasi, Cromograf Ltda.
- Mejia, M., Estadra, E., & Figueroa, O. (2008). Respuesta fisiológica del cilantro a diferentes niveles de potasio y nitrógeno. *Acta Agronomica Palimira*, 57(3).
- Melendez, G., & Molina, E. (2003). *Fertilizantes: Características y manejo*. Costa Rica : COSTACAN.
- Mendoza, A. M. (2017). *Cultivo de lechuga (Lactuca sativa) hidropónica en sistema recirculante NFT tipo piramidal con tres niveles de aireación*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Montgomery, D. (2004). *Diseño y análisis de experimento* . México: Editorial Limusa

- Morales, J. (1995). *Cultivo del cilantro, cilantro ancho y perejil*. Santo Domingo, República Dominicana: Fundación de Desarrollo Agropecuario INC.
- Perez, J. (2014). *Uso de los fertilizantes y su impacto en la producción agrícola*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural. (2018). *Manual de abonamiento con guano de las islas*. Lima, Perú: AGRORURAL.
- Quiroga, A., & Bono, A. (2012). *Manual de fertilidad y evaluación de suelos*. La Pampa, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Quispe, A., Calla, K., Yangali, J., Rodríguez, J., & Pumacayo, I. (2019). *Estadística no paramétrica aplicada a la investigación científica con software SPSS, MINITAB Y EXCEL*. Bogotá, Colombia: Eidec Editorial.
- Sierra, C. (2013). *Fertilización y manejo del suelo en hortalizas*. La Serena, Chile: Centro Regional de Investigación Intihuasi, Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Vallejo, F., & Estrada, E. (2004). *Producción de hortalizas en clima cálido*. Cali, Colombia : Imágenes Gráficas S.A. .
- Vitorino, B. (1989). *Fertilidad de suelos y fertilizantes, con énfasis en los suelos de Perú*. Cusco, Perú: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- Yauri, J. (2015). *Evaluación de tres variedades de cilantro (Coriandrum sativum L.) con tres opciones de fertilización*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.

ANEXO 01: RESULTADO DE ANÁLISIS DE SUELO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN SUELOS Y ABONOS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS

TIPO DE ANÁLISIS	: Fertilidad y mecánico
PROCEDENCIA MUESTRA	: Centro de Lombricultura – K'ayra
SOLICITANTE	: MADIJEANS ROXANA QUISPE TUIRO

Análisis de fertilidad:

Nº	Clave	C.E. mmhos/cm	pH	M.O. %	N Total %	P ₂ O ₅ ppm	K ₂ O ppm
01	Suelo Agrícola	0.30	7.20	1.50	0.08	10	45

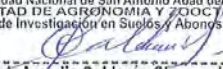
Análisis mecánico:

Nº	Clave	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural
01	Suelo Agrícola	42	42	16	Franco

Cusco, 26 de abril del 2017.

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN SUELOS Y ABONOS (CISA)
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS

FAUSTO YAPE CONDORI
 ANALISTA EN QUÍMICA DE SUELOS, AGUAS Y PLANTA

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA
 Centro de Investigación en Suelos y Abonos (CISA)

Ing. Arcadio Calderón Choquechambi
 DIRECTOR

ANEXO 02: PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR CANTIDAD DE FERTILIZANTE POR HECTÁREA

APORTE DE NUTRIENTES DEL SUELO

Se realizó el siguiente procedimiento:

— *Peso del suelo en kg/ha*: la expresión utilizada fue la siguiente:

$$Ws = Car * da * Aha * 1000$$

Donde:

Ws = Peso del suelo en kg/ha

Car = Capa arable asumida (valor entre 0.2 y 0.4 m según cultivo y tipo de suelo). Valor asumido 0.2 m.

da = densidad aparente (valor asumido 1.5 t/m³, según la textura del suelo debido a que no ha sido determinado en laboratorio)

ha = Área de la hectárea (10,000 m²)

Con los datos del análisis se sustituyó los valores en la expresión y se obtuvo el resultado:

$$Ws = 0.2 \text{ m} * 1.5 \text{ t/m}^3 * 10,000 \text{ m}^2 * 1000$$

$$Ws = 3'000,000 \text{ kg/ha}$$

— *Aporte del suelo en Nitrógeno*:

o *Cantidad de nitrógeno en la materia orgánica según análisis del suelo*:

Se utiliza la expresión siguiente:

$$Nt = Ws + \% N$$

Donde:

Nt = Contenido de nitrógeno total en kg/ha

Ws = Peso de suelo en kg/ha

% N = Proporción de nitrógeno en la materia orgánica. 0.075% según análisis de suelo

Reemplazando los valores se tiene:

$$Nt = 3'000,000 \text{ kg} / \text{ha} * 0.075/100$$

$$Nt = 2,250.00 \text{ kg/ha}$$

o *Cantidad de nitrógeno mineral aportado por el suelo*: La expresión utilizada es la siguiente:

$$Nd = CNt * \%M$$

Donde:

Nd = Cantidad de nitrógeno aportado por el suelo en kg/ha.

% M = Porcentaje de mineralización. Valor asumido 2.0%

Reemplazando valores en expresión se tiene:

$$Nd = 2,250.00 \frac{kg}{ha} * 2.0/100$$

$$Nd = 45.0 \text{ kg/ha}$$

El aporte del nitrógeno para el suelo analizado es de **45.0 kg/ha**

— *Aporte del suelo en Fósforo:*

o *Cantidad Fósforo total:* se calcula con la siguiente expresión:

$$Pt = Ws * Cp/100000$$

Donde:

Pt = Cantidad de Fósforo total en el suelo analizado

Ws = Peso de suelo en kg/ha.

Cp = Concentración de Fósforo (P₂O₅) según análisis de suelo en ppm (partes por millón). 10 ppm.

Reemplazando los valores se tiene:

$$Pt = 3'000,000 * 10/1000000$$

$$Pt = 30. \text{ kg/ha de Fósforo total}$$

o *Aporte de Fósforo disponible:* el aporte final de Fósforo se calcula con la siguiente expresión:

$$Pd = Pt \times CRU$$

Donde:

Pd = Cantidad de Fósforo disponible en el suelo en kg/ha

Pt = Cantidad de Fósforo total en el suelo según análisis en kg/ha.

CRU: Coeficiente de rendimiento útil de elemento mineral en el suelo analizado. Solamente una proporción del Fósforo total calculado según el análisis de suelo es disponible para la planta. Según las investigaciones realizadas a nivel nacional, se considera que solamente el 20% del

Fósforo total calculado corresponde a Fosforo realmente disponible para las plantas.

Reemplazando la información se tiene:

$$Pd = 30.0 \text{ kg/ha} \times 20/100$$

$$Pd = 6.0 \text{ kg/ha}$$

Por tanto, el aporte del suelo es de **6.0 kg/ha** de Fósforo disponible (P_2O_5).

— *Aporte del suelo en Potasio:*

o *Cantidad Potasio total:* se calcula con la siguiente expresión:

$$Kt = Ws * Ck / 1000000$$

Donde:

Kt = Cantidad de Potasio total en el suelo analizado

Ws = Peso de suelo en kg/ha.

Ck = Concentración de Potasio (K_2O) según análisis de suelo en ppm (partes por millón). 45.0 ppm según análisis de suelo.

Reemplazando los valores se tiene:

$$Pt = 3'000,000 * 45.0 / 1000000$$

$$Pt = 135.0 \text{ kg/ha de potasio total}$$

o *Aporte de potasio disponible:* el aporte final de potasio se calcula con la siguiente expresión:

$$Kd = Kt \times CRU$$

Donde:

Kd = Cantidad de Potasio disponible en el suelo en kg/ha

Kt = Cantidad de Potasio total en el suelo

CRU: Coeficiente de rendimiento útil de elemento mineral en el suelo analizado. Según las investigaciones realizadas a nivel nacional, se considera que solamente el 20% del Potasio total calculado corresponde a Potasio realmente disponible para las plantas.

Reemplazando la información se tiene:

$$Pd = 135.0 \text{ kg/ha} \times 20/100$$

$$Pd = 27.0 \text{ kg/ha}$$

Por tanto, el aporte del suelo es de 27.0 kg/ha de Potasio disponible (K₂O).

CÁLCULO DEL NIVEL DE FERTILIZACIÓN

— *Nivel de abonamiento del Nitrógeno*: se utiliza la expresión siguiente:

$$N = (\text{Extracción de N} - \text{Aporte del suelo}) * f$$

Donde:

N = Nivel de nitrógeno en kg/ha

Extracción de Nitrógeno para 15.0 t/ha de hojas de cilantro: 71.1 kg/ha.

Aporte del suelo en Nitrógeno: determinado anteriormente como 45.0 kg/ha.

f = Es la inversa de la eficiencia del fertilizante aplicado. La eficiencia del fertilizante depende básicamente de las condiciones climáticas, se asume 65%. En la siguiente tabla se presenta tales valores.

Tabla 96: Eficiencia de los fertilizantes.

N	P ₂ O ₅	K ₂ O
50 a 70%	10 - 25%	50 - 60%

Fuente: Isherwood (1990) citado por Stewart (2007).

Reemplazando los valores se tiene:

$$N = (71.1 - 45.0) * 100/65$$

$$N = 40.0 \text{ Kg/ha}$$

— *Nivel de abonamiento del Fósforo*: se utiliza la expresión siguiente:

$$P = (\text{Extracción de P} - \text{Aporte del suelo}) * f$$

Donde:

P = Nivel de Fósforo en kg/ha

Extracción de fósforo para 15.0 t/ha de hojas de cilantro: 10.35 kg/ha.

Aporte del suelo en Fósforo: determinado anteriormente como 6.0 kg/ha.

f = Es la inversa de la eficiencia del fertilizante aplicado. La eficiencia del fertilizante depende básicamente de las condiciones climáticas, se asume 55%.

Reemplazando los valores se tiene:

$$P = (10.35 - 6.0) * 100/55$$

$$P = 8.0 \text{ kg/ha}$$

— *Cálculo del nivel de abonamiento del Potasio*: se utilizó la expresión siguiente:

$$K = (\text{Extracción de K} - \text{Aporte del suelo}) * f$$

Donde:

K = Nivel de Potasio en kg/ha

Extracción de potasio para 15 t/ha de hojas de cilantro: 80.70 kg/ha,

Aporte del suelo en Potasio: determinado anteriormente como 27.0 kg/ha.

f = Es la inversa de la eficiencia del fertilizante aplicado. La eficiencia del fertilizante depende básicamente de las condiciones climáticas, se asume 70%.

Reemplazando los valores se tiene:

$$K = (80.7 - 27.0) * 100/70$$

$$K = 77.0 \text{ kg/ha}$$

Por tanto, el nivel de abonamiento para las condiciones del suelo analizado, para la campaña 2017, fue el siguiente: **40 - 8 - 77**