

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TESIS

**EFFECTO DE TRES DOSIS DE SOLUCIONES NUTRITIVAS Y TRES
DOSIS DE ABONO FOLIAR EN LA PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA
DE CILANTRO (*Coriandrum sativum* L.) MEDIANTE EL SISTEMA
RECIRCULANTE DE NFT EN K'AYRA - CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. OLGA TOMAYA CONDORI

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

ASESOR:

Dr. RICARDO GONZALES QUISPE

**CUSCO – PERÚ
2026**



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

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

El que suscribe, el Asesor Dr. RICARDO GONZALES QUISPE
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: EFEECTO DE TRES DOSIS DE
SOLUCIONES NUTRITIVAS Y TRES DOSIS DE ABONO FOLIAR EN LA
PRODUCCION HIDROPONICA DE CILANTRO (Coriandrum sativum L.)
MEDIANTE EL SISTEMA RECIRCULANTE DE NFT EN KAYRA - CUSCO

Presentado por: OLGA TOMAYA CONDORI DNI N° 47439396;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO
AGROPECUARIO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 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 8 %.

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.	X
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, 11 de SEPTIEMBRE de 2026


Firma

Post firma RICARDO GONZALES QUISPE

Nro. de DNI 23903759

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: 27259:623369326

EFECTO DE TRES DOSIS DE SOLUCIONES NUTRITIVAS Y TRES DOSIS DE ABONO FOLIAR EN LA PRODUCCION HIDROPONI...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento.

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:623369326

Fecha de entrega

11 sep 2026, 8:02 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

11 sep 2026, 8:13 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

Olga Tomaya Condori Ing Agropecuria.pdf

Tamaño del archivo

4.1 MB

176 páginas

34.413 palabras

187.392 caracteres

8% 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 90 palabras)

Fuentes principales

- 1%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
141 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

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

A mis padres:

Antonio y Benita, por su esfuerzo, sacrificio y dedicación constantes, pilares fundamentales que hicieron posible la culminación de esta etapa de mi vida.

A mis hermanas María Vilma, Hipólita, Mariluz; mis hermanos Romario y Hercilio, así como mi esposo Javier, a mis hijos Izair y Yahir, por su motivación permanente y su apoyo incondicional que me impulsaron a seguir adelante.

A mis amigos, por brindarme siempre su amistad sincera e incondicional, acompañándome en los momentos más importantes de este camino

AGRADECIMIENTO

Mi eterno y profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, a la Facultad de Agronomía y Zootecnia y, de manera especial, a la Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria filial Santo Tomás, por brindarme la valiosa oportunidad de formarme académica y profesionalmente.

Asimismo, expreso mi sincero reconocimiento a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, filial Santo Tomás, quienes, desde los primeros semestres de mi formación, contribuyeron con dedicación, compromiso y vocación a mi desarrollo profesional, inculcándome conocimientos, valores y principios fundamentales para desempeñarme con responsabilidad al servicio de la sociedad.

Expreso también mi sincero y especial agradecimiento al Dr. Ricardo Gonzales Quispe, asesor de la presente investigación, por su valioso apoyo, orientación constante y compromiso académico, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo y culminación satisfactoria de este trabajo, contribuyendo al logro de mis aspiraciones profesionales.

A mis padres y familiares, quienes día a día se preocuparon por mi formación integral y bienestar. Gracias a su amor, esfuerzo y apoyo incondicional, he logrado alcanzar mis metas. A ellos, mi gratitud eterna.

De igual manera, manifiesto mi reconocimiento a todos mis compañeros y compañeras de estudio, con quienes compartí valiosas experiencias y momentos inolvidables, tanto dentro como fuera de las aulas universitarias, los cuales contribuyeron significativamente a mi crecimiento personal y académico.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
ACRÓNIMO	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Identificación del problema.....	3
1.2. Planteamiento del problema	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos.....	5
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	6
2.1. Objetivo	6
2.1.1. Objetivo General.....	6
2.1.2. Objetivos específicos	6
2.2. Justificación	7
III. HIPÓTESIS.....	9
3.1. Hipótesis general	9
3.1.1. Hipótesis específicas.....	9
IV. MARCO TEÓRICO	10
4.1. Antecedentes a la investigación.....	10
4.2. Bases teóricas	13
4.2.1. Cultivo del cilantro (Coriandrum sativum L.)	13
4.2.2. Hidroponía	29
4.2.3. Soluciones nutritivas.....	42

4.2.4. Ficha técnica de solución hidropónica	45
4.2.5. Bayfolan Forte	46
4.2.6. Invernadero	47
V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	50
5.1. Tipo de investigación	50
5.2. Ubicación temporal del experimento.....	50
5.3. Ubicación de la investigación.....	50
a. Ubicación política	50
b. Ubicación geográfica	50
c. Ubicación hidrográfica	50
d. Zona de vida	51
5.4. Materiales e insumos	52
5.4.1. Material biológico.....	52
5.4.2. Insumos agrícolas.....	53
5.4.3. Materiales de campo	53
5.4.4. Herramientas	53
5.4.5. Equipos	53
5.4.6. Equipos de gabinete	54
5.5. Metodología	54
5.5.1. Diseño experimental	54
5.5.2. Modelo estadístico	54
5.5.3. Factores de estudio.....	55
5.5.4. Tratamientos	55
5.5.5. Repeticiones	56
5.5.6. Variables e indicadores	57
5.5.7. Operacionalización de variables	58
5.5.8. Descripción de medición de variables	58
5.5.9. Características del campo experimental.....	58
5.5.10. Población y Muestra	61

5.5.11. Conducción de la investigación.....	61
5.5.12. Evaluación de variables.....	67
5.5.13. Rendimiento	67
5.5.14. Comportamiento agronómico.....	69
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
5.6. Resultados de la evaluación del peso fresco del follaje (Kg.m ²).....	71
5.7. Discusión de la dosis abono foliar para Peso fresco del follaje (Kg.m ²).....	83
5.8. Resultados de la evaluación del Peso seco del follaje (kg.m ⁻²).....	85
5.9. Discusión de la evaluación del peso seco del follaje (kg.m ⁻²)	96
5.10. Resultados del Peso Fresco de Raíz (g.m ⁻²)	98
5.11. Discusión del Peso Fresco de Raíz (g.m ⁻²).....	108
5.12. Resultados Evaluación Peso Seco de raíz (g.m ⁻²)	110
5.13. Discusión Dosis Solución Nutritiva para Peso seco de raíz (g.m ²)	119
5.14. Resultados Evaluación Altura de planta (cm)	122
5.15. Discusión Altura de planta (cm).....	132
VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	141
5.16. Conclusiones	141
5.17. Sugerencias	142
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	143
ANEXOS	148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Principales países exportadores de cilantro, Valor nutricional anual del quinquenio 2005 -2009.....	16
Tabla 2 Principales países importadores de cilantro (<i>Coriandrum sativum</i> L.) Valor promedio anual del quinquenio 2005 – 2009	177
Tabla 3 Principales países importadores de coriandro de América del Sur. Valor y volumen promedio anual del quinquenio. 2005-2009.....	18
Tabla 4 Principales destinos de las exportaciones de cilantro (<i>Coriandrum sativum</i> L.) de América del Sur. Valor y volumen promedio anual del quinquenio. 2005-2009.....	18
Tabla 5 Composición Nutricional en 100 g, Hojas de cilantro fresco.....	24
Tabla 6 Macronutrientes y micronutrientes	44
Tabla 7 Solución concentrada A y solución hidropónica B	44
Tabla 8 Dosis de soluciones nutritivas (Factor A):	55
Tabla 9 Dosis de abono foliar (Factor B):	55
Tabla 10 Tratamientos evaluados	56
Tabla 11 Codificación de tratamientos	56
Tabla 12 Bloques (Repeticiones).....	57
Tabla 13 Resumen de Tratamiento, Repeticiones y Bloques	57
Tabla 14 Variables, dimensiones e indicadores analizados para el primer objetivo	57
Tabla 15 Operacionalización de variables del estudio	58
Tabla 16 Características del campo experimental	58
Tabla 17 Orden de mérito de los tratamientos en el rendimiento del cultivo de cilantro.....	67
Tabla 18 Peso fresco del follaje (Kg.m ²).....	72

Tabla 19 ANOVA para Peso fresco del follaje (Kg.m ²).....	73
Tabla 20 Prueba Tukey de tratamientos para Peso fresco del follaje (Kg.m ²)	74
Tabla 21 Prueba Tukey de Dosis Soluciones Nutritivas para Peso fresco del follaje (Kg.m ²).....	77
Tabla 22 Prueba Tukey de Dosis Abono foliar para Peso fresco del follaje (Kg.m ²)	78
Tabla 23 Ordenamiento interacción Dosis Solución Nutritiva.....	79
Tabla 24 ANOVA auxiliar para interacción Dosis Solución Nutritiva	79
Tabla 25 Prueba Tukey 0.0mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Peso fresco del follaje (Kg.m ²).....	80
Tabla 26 Prueba Tukey 7.5 mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Peso fresco del follaje (Kg.m ²).....	81
Tabla 27 Prueba Tukey 8.5mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Peso fresco del follaje (Kg.m ²).....	82
Tabla 28 Peso seco del follaje (Kg.m ²).....	85
Tabla 29 ANOVA para Peso seco del follaje (Kg.m ²)	86
Tabla 30 Prueba Tukey de tratamientos para Peso seco del follaje (Kg.m ²).....	88
Tabla 31 Prueba Tukey de Dosis Soluciones Nutritivas para Peso seco del follaje (Kg.m ²)	89
Tabla 32 Prueba Tukey de Dosis Abono foliar para Peso seco del follaje (Kg.m ²).....	90
Tabla 33 Ordenamiento interacción. Dosis Sol. Macro-micro * Dosis Abono f. para Peso seco del follaje (Kg.m ²)	92
Tabla 34 ANOVA auxiliar para interacción Dosis Soluciones Nutritivas * Dosis Abono foliar para Peso seco follaje (Kg.m ²).....	92
Tabla 35 Prueba Tukey 0.0 mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Soluciones Nutritivas para Peso seco del follaje (Kg.m ²)	93

Tabla 36 Prueba Tukey 7.5 mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Peso seco del follaje (Kg.m ²)	94
Tabla 37 Prueba Tukey 8.5 mL·L ⁻¹ de Bayfolan en Dosis Soluciones Nutritivas para Peso seco del follaje (Kg.m ²)	95
Tabla 38 Peso Fresco de raíz (g.m ⁻²)	98
Tabla 39 ANOVA para Peso fresco de raíz (g.m ²)	99
Tabla 40 Prueba Tukey de tratamientos para Peso fresco de raíz (g.m ²)	100
Tabla 41 Prueba Tukey de Dosis Solución Nutritiva para Peso fresco de raíz (g.m ²) ...	102
Tabla 42 Prueba Tukey de Dosis Abono foliar para Peso fresco de raíz (g.m ²)	103
Tabla 43 Ordenamiento interacción Dosis Soluciones Nutritivas* Dosis Abono foliar para Peso fresco de raíz (g.m ²)	104
Tabla 44 ANOVA auxiliar para interacción Dosis Solución Nutritiva* Dosis Abono foliar para Peso fresco de raíz (g.m ²)	104
Tabla 45 Prueba Tukey 0.0 mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Peso fresco de raíz (g.m ²)	105
Tabla 46 Prueba Tukey 7.5 mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Peso fresco de raíz (g.m ²)	106
Tabla 47 Prueba Tukey 8.5mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Peso fresco de raíz (g.m ²)	107
Tabla 48 Peso seco de raíz (g.m ²)	110
Tabla 49 ANOVA para Peso seco de raíz (g.m ²)	111
Tabla 50 Prueba Tukey de tratamientos para Peso seco de raíz (g.m ²)	111
Tabla 51 Prueba Tukey de Dosis Solución Nutritiva para Peso seco de raíz (g.m ²)	112
Tabla 52 Prueba Tukey de Dosis Abono foliar para Peso seco de raíz (g.m ²)	114
Tabla 53 Ordenamiento interacción Dosis Solución Nutritiva* Dosis Abono foliar	

para Peso seco de raíz (g.m ²)	115
Tabla 54 ANOVA auxiliar para interacción Dosis Solución Nutritiva* Dosis Abono foliar para Peso seco de raíz (g.m ²)	115
Tabla 55 Prueba Tukey 0.0mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Peso seco de raíz (g.m ²)	116
Tabla 56 Prueba Tukey 7.5 mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Peso seco de raíz (g.m ²)	117
Tabla 57 Prueba Tukey 8.5 mL·L ⁻¹ de Bayfolan en Dosis Solución Nutritiva para Peso seco de raíz (g.m ²)	118
Tabla 58 Altura de planta (cm).....	122
Tabla 59 ANOVA para Altura de planta (cm).....	123
Tabla 60 Prueba Tukey de tratamientos para Altura de planta (cm)	124
Tabla 61 Prueba Tukey de Dosis Solución Nutritiva para Altura de planta (cm)	126
Tabla 62 Prueba Tukey de Dosis Abono foliar para Altura de planta (cm)	127
Tabla 63 Ordenamiento interacción Dosis Solución Nutritiva* Dosis Abono foliar para Altura de planta (cm)	128
Tabla 64 ANOVA auxiliar para interacción Dosis Solución Nutritiva* Dosis Abono foliar para Altura de planta (cm)	128
Tabla 65 Prueba Tukey 0.0mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Altura de planta (cm)	129
Tabla 66 Prueba Tukey 7.5 mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Altura de planta (cm)	130
Tabla 67 Prueba Tukey 8.5 mL·L ⁻¹ de Bayfolan en Dosis Solución Nutritiva para Altura de planta (cm)	131
Tabla 68 Longitud de raíz (cm)	134

Tabla 69 Parámetro de tendencia central y dispersión de los tratamientos -Longitud de raíz (cm).....	135
Tabla 70 ANOVA para longitud de raíz (cm)	135
Tabla 71 Prueba de normalidad del modelo ANOVA-longitud de raíz (cm).....	136
Tabla 72 Prueba Tukey de tratamientos para longitud de raíz (cm).....	136
Tabla 73 Prueba de Tukey de macro y micromutrientes para longitud de raíz (cm)....	137
Tabla 74 Prueba Tukey de abonos foliares para longitud de raíz (cm)	138
Tabla 75 Prueba Tukey de la interacción de macro y micronutrientes abonos foliares -longitud de.....	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Polimorfismo de las hojas de cilantro.....	20
Figura 2 Inflorescencia del cilantro.....	21
Figura 3 Fruto del cilantro.....	22
Figura 4 Morfología del fruto de cilantro.....	23
Figura 5 Esquema del Sistema NFT modificado.....	38
Figura 6 Disposición del tanque, bomba, canales de cultivo y tubería de drenaje en un sistema NFT	41
Figura 7 Canales de cultivo de 3”, tubería de distribución de 1”, llave de paso de 1”.....	42
Figura 8 Mapa de ubicación del distrito de San Jeronimo de la Provincia del Cusco.....	51
Figura 9 Mapa del Distrito de San Jerónimo.....	52
Figura 10 Croquis de distribución de parcelas experimentales.....	59
Figura 11 Plano de distribución de parcelas experimentales.....	60
Figura 12 Siembra de semillas de cilantro en vasos descartables con sustrato para la fase de germinación.....	62
Figura 13 Preparación de la solución nutritiva para el sistema hidropónico.....	63
Figura 14 Recalce de plántulas de cilantro (<i>Coriandrum sativum</i> L.) en el sistema hidropónico	64
Figura 15 Plántula de cilantro (<i>Coriandrum sativum</i> L.) después del trasplante al sistema hidropónico	65
Figura 16 Preparación de las soluciones nutritivas A y B, para el sistema hidropónico....	66
Figura 17 Medición del peso fresco del follaje de cilantro durante la evaluación experimental.....	68
Figura 18 Medición del peso fresco de la raíz de cilantro durante la evaluación experimental.....	69
Figura 19 Medición de la altura de planta durante la evaluación del proceso de investigación	70
Figura 20 Peso fresco del follaje (Kg.m ²) para Tratamientos	75
Figura 21 Peso fresco del follaje (Kg.m ²) para Dosis Soluciones Nutritivas.....	77
Figura 22 Peso fresco del follaje (Kg.m ²) para Dosis Abono foliar.....	78

Figura 23 Peso fresco del follaje (Kg.m ²) para 0.0mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva	80
Figura 24 Peso fresco del follaje (Kg.m ²) para 7.5 mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva	81
Figura 25 Peso fresco del follaje (Kg.m ²) para 8.5mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva	82
Figura 26 Peso seco del follaje (Kg.m ²) para Tratamientos	88
Figura 27 Peso seco del follaje (Kg.m ²) para Dosis Soluciones Nutritivas	90
Figura 28 Peso seco del follaje (Kg.m ²) para Dosis Abono foliar	91
Figura 29 Peso seco del follaje (Kg.m ²) para 0.0mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis de Soluciones Nutritivas	93
Figura 30 Peso seco del follaje (Kg.m ²) para 7.5 mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Soluciones Nutritivas.	94
Figura 31 Peso seco del follaje (Kg.m ²) para 8.5 mL·L ⁻¹ de Bayfolan en Dosis Soluciones Nutritivas.....	95
Figura 32 Peso fresco de raíz (g.m ²) para Tratamientos.....	101
Figura 33 Peso fresco de raíz (g.m ²) para Dosis Soluciones Nutritivas	102
Figura 34 Peso fresco de raíz (g.m ²) para Dosis Abono foliar	103
Figura 35 Peso fresco de raíz (g.m ²) para 0.0 mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva.	105
Figura 36 Peso fresco de raíz (g.m ²) para 7.5 mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva.	106
Figura 37 Peso fresco de raíz (g.m ²) para 8.5 mL·L ⁻¹ de Bayfolan en Dosis Solución Nutritiva.	107
Figura 38 Peso seco de raíz (g.m ²) para Tratamientos	112
Figura 39 Peso seco de raíz (g.m ²) para Dosis Solución Nutritiva.....	113
Figura 40 Peso seco de raíz (g.m ²) para Dosis Abono foliar.....	114
Figura 41 Peso seco de raíz (g.m ²) para 0.0 mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva	116
Figura 42 Peso seco de raíz (g.m ²) para 7.5 mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva	117
Figura 43 Peso seco de raíz (g.m ²) para 8.5 mL·L ⁻¹ de Bayfolan en Dosis Solución	

Nutritiva	118
Figura 44 Altura de planta (cm) para Tratamientos	125
Figura 45 Altura de planta (cm) para Dosis Solución Nutritiva.....	126
Figura 46 Altura de planta (cm) para Dosis Abono foliar.....	127
Figura 47 Altura de planta (cm) para 0.0 mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva	129
Figura 48 Altura de planta (cm) para 7.5 mL Bayfolan·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva.	130
Figura 49 Altura de planta (cm) para 8.5 mL·L ⁻¹ de Bayfolan en Dosis Solución Nutritiva.	131
Figura 50 Longitud de raíz (cm) para tratamientos.	137
Figura 51 Longitud de raíz (cm) para macro y micro nutrientes.....	138
Figura 52 Longitud de raíz (cm) para abonos foliares.	139
Figura 53 Zarandeo de sustrato orgánico (turba).	148
Figura 54 Vasitos de Tecnopor con turba listo para siembra de cilantro.	148
Figura 55 Plantulas de cilantro después del trasplante.....	149
Figura 56 Cilantro en Pleno Crecimiento	149
Figura 57 Evaluación del cultivo de cilantro para la cosecha al estado fenológico de madurez comercial.	150
Figura 58 Medición de la planta en pleno crecimiento	150
Figura 59 Medición de la planta en la cosecha.....	151
Figura 60 Pesaje fresco de la raíz del cilantro	151
Figura 61 Pesaje y medición del Cilantro.....	152

RESUMEN

La presente investigación, titulada “Efecto de tres dosis de soluciones nutritivas y tres dosis de abono foliar en la producción hidropónica de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) mediante el sistema hidropónico recirculante NFT en K’ayra – Cusco”, se llevó a cabo en el año 2019, con el objetivo de determinar el rendimiento y describir el comportamiento agronómico del cultivo de cilantro bajo la aplicación de diferentes dosis de solución nutritiva y abono foliar.

El estudio se desarrolló bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con arreglo factorial 3×3 , conformado por 9 tratamientos, 4 repeticiones y un total de 36 unidades experimentales. Se evaluaron variables como peso fresco y seco del follaje, peso fresco y seco de raíz, y altura de planta. Los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA).

Los resultados evidenciaron que los tratamientos con mayor dosis de solución nutritiva ($7.5 \text{ mL A} + 3 \text{ mL B} \cdot \text{L}^{-1}$ de agua), en combinación con diferentes niveles de abono foliar ($0.0, 7.5$ y $8.5 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ de Bayfolan), presentaron los mejores rendimientos. En particular, el tratamiento con $8.5 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ de Bayfolan alcanzó los valores más altos en peso fresco de follaje ($4.19 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$), peso seco de follaje ($1.26 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$), peso fresco de raíz ($125.00 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$), peso seco de raíz ($25.00 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$) y altura de planta (39.00 cm).

Se concluye que el uso adecuado de soluciones nutritivas y abono foliar, influye significativamente en el rendimiento y el comportamiento agronómico del cultivo.

Palabras clave: Cilantro, Hidroponía, Sistema NFT, Solución Nutritiva, Rendimiento.

ABSTRACT

This research, titled “Effect of three doses of nutrient solutions and three doses of foliar fertilizer on the hydroponic production of cilantro (**Coriandrum sativum* L.*) using the NFT recirculating of hydroponic system in K’ayra – Cusco,” was conducted in 2019. Its objective was to determine the yield and describe the agronomic performance of the cilantro crop under the application of varying doses of nutrient solution and foliar fertilizer.

The study employed a Randomized Complete Block Design (RCBD) with a 3×3 factorial arrangement, consisting of 9 treatments, 4 replications, and a total of 36 experimental units. Variables evaluated included fresh and dry foliage weight, fresh and dry root weight, and plant height. The data obtained were analyzed using analysis of variance (ANOVA).

The results showed that treatments with the highest dose of nutrient solution (7.5 mL A + 3 mL B · L⁻¹ of water), combined with different levels of foliar fertilizer (0.0, 7.5, and 8.5 mL · L⁻¹ of Bayfolan), yielded the best results. Specifically, the treatment with 8.5 mL · L⁻¹ of Bayfolan achieved the highest values for fresh foliage weight (4.19 kg · m⁻²), dry foliage weight (1.26 kg · m⁻²), fresh root weight (125.00 g · m⁻²), dry root weight (25.00 g · m⁻²), and plant height (39.00 cm).

It is concluded that the appropriate use of nutrient solutions and foliar fertilizer significantly influences the yield and agronomic performance of the crop.

Keywords: Cilantro, Hydroponics, NFT System, Nutrient Solution, Yield.

ACRÓNIMO

ADS	Amplitud de la diferencia significativa
AF	Abono foliar
ANOVA	Análisis de varianza
B/C	Relación beneficio/costo
CE	Conductividad eléctrica
CISA	Centro de Investigación en Suelos y Abonos
CSS	Cultivo sin suelo
DBCA	Diseño de bloques completamente al azar
DCA	Diseño completamente al azar
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FDA	Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos
Fertigation	Fertirriego
IAC	Índice absoluto de crecimiento
IAN	Índice de asimilación neta
IC	Índice de cosecha
INTAGRI	Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura
NFT	Nutrient Film Technique (técnica de película de nutrientes)
Ormus	Bioestimulante o solución mineral utilizada en agricultura alternativa
pH	Potencial de hidrógeno (logaritmo negativo de la concentración de iones H ⁺)
ppm	Partes por millón
PVC	Policloruro de vinilo

RPF	Relación peso foliar
RPR	Relación peso radical
RUP	Rational Unified Process (Proceso Unificado Racional)
$S \cdot cm^{-1}$	Siemens por centímetro (unidad de conductividad eléctrica)
TIR	Tasa interna de retorno
USD	Dólares estadounidenses
VAN	Valor actual neto

INTRODUCCIÓN

Sirleide et al., (2020) y Solórzano & Loor, (2022) sostiene que el cilantro (*Coriandrum sativum* L.) es una planta herbácea ampliamente utilizada en la dieta alimenticia, principalmente en ensaladas, salsas y platos típicos, destacando por sus propiedades antimicrobianas y medicinales. Diversos estudios en América Latina señalan que posee efectos carminativos, antiinflamatorios y vermífugos, además de aplicaciones en la agricultura como bioinsumo natural.

Ingar-De la Cruz et al., (2023) menciona que en condiciones de campo, el periodo vegetativo del cilantro (*Coriandrum sativum* L.) puede variar entre tres a cuatro meses dependiendo de factores climáticos y manejo agronómico. Sin embargo, bajo condiciones controladas como fitotoldos o invernaderos y mediante sistemas hidropónicos, este ciclo puede reducirse y optimizarse, favoreciendo una producción más eficiente y continua. En el Perú, investigaciones y guías técnicas del Instituto Nacional de Innovación Agraria destacan la hidroponía como una alternativa viable para mejorar la productividad hortícola.

Ingar-De la Cruz et al., (2023) y Salcedo & Guzmán, (2014) coinciden que su alta demanda y valor comercial en mercados locales y regionales refuerzan su importancia económica en América Latina. No obstante, la producción en sistemas tradicionales muchas veces se realiza con limitaciones tecnológicas e incluso con prácticas de riesgo sanitario, como el uso de aguas no tratadas para riego, lo cual puede afectar la inocuidad de los alimentos. En este contexto, organismos internacionales como la FAO para América Latina promueven tecnologías sostenibles como la hidroponía para mejorar la seguridad alimentaria y la calidad de los cultivos.

Solórzano & Loor, (2022) y Rojas Bermúdez et al., (2025) mencionan que, el sistema hidropónico se presenta como una alternativa sostenible y segura para obtener productos frescos, libres de contaminantes, en menor área y con mayor eficiencia en el uso de insumos.

Estudios desarrollados en América Latina evidencian que el cultivo hidropónico de cilantro mejora el rendimiento y la calidad del producto debido al control de nutrientes y condiciones ambientales. En este contexto, se desarrolló la presente investigación titulada: “Efecto de tres dosis de soluciones nutritivas y tres dosis de abono foliar en la producción hidropónica de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) mediante el sistema recirculante de NFT en K’ayra Cusco, con el propósito de evaluar el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo bajo condiciones controladas.

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema

Oasis easy Plant, (2020) menciona que en las últimas décadas del siglo XXI ha cobrado gran importancia el uso de métodos agrícolas sostenibles, como respuesta a los cambios en la distribución poblacional en regiones tradicionalmente agrícolas. Esta dinámica ha llevado a los productores a replantear las estrategias para obtener cultivos de alta calidad en espacios cada vez más reducidos. A ello se suman factores críticos como el cambio climático y la disminución de los recursos hídricos, los cuales han impulsado el desarrollo y perfeccionamiento de sistemas de producción intensiva, entre ellos la hidroponía.

Intagri S.C., (2021) Asimismo, el crecimiento sostenido de la población mundial incrementa la demanda de alimentos con altos estándares de calidad, incluso fuera de las temporadas naturales de producción. Sin embargo, esta exigencia contrasta con la progresiva degradación y reducción de las tierras agrícolas disponibles. En este contexto, la hidroponía se presenta como una alternativa eficiente, ya que permite producir alimentos durante todo el año en espacios reducidos, optimizando el uso de agua y nutrientes. Diversas empresas agrícolas han adoptado estos sistemas, logrando mejoras significativas tanto en la calidad del producto como en su rentabilidad., así mismo indica que, su producción se realiza comúnmente en suelo mediante siembra directa. No obstante, bajo condiciones de campo abierto resulta difícil obtener cosechas rápidas, uniformes y libres de contaminantes orgánicos e inorgánicos. Esta problemática se intensifica en zonas urbanas y periurbanas, donde la limitada disponibilidad de terrenos adecuados restringe la producción continua y suficiente para abastecer la demanda del mercado. La falta de adopción de tecnologías modernas, como los sistemas hidropónicos, limita el rendimiento y la calidad del cultivo, lo

que ha motivado el interés de investigadores en la búsqueda de alternativas productivas más eficientes

En este sentido, el uso de soluciones nutritivas específicas para cultivos de hojas, como las soluciones de macro y micronutrientes, así como la aplicación de abonos foliares con formulaciones técnicamente validadas, representa una alternativa prometedora para mejorar el rendimiento y el comportamiento agronómico del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum L.*) en sistemas hidropónicos. Sin embargo, se evidencia un vacío de información científica en relación con el efecto de diferentes dosis de estas soluciones nutritivas y abonos foliares en sistemas hidropónicos recirculantes de NFT, particularmente bajo condiciones de fitotoldo en la región Cusco.

Por ello, surge la necesidad de desarrollar investigaciones que evalúen variables agronómicas como el peso fresco y seco del follaje, peso fresco y seco de la raíz, altura de planta y longitud de la raíz, en respuesta a la aplicación de distintas dosis de soluciones nutritivas y abono foliar. Este análisis permitirá generar información técnica confiable que contribuya a optimizar la producción hidropónica de cilantro bajo condiciones controladas, mejorando su eficiencia productiva y calidad comercial.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de tres dosis de soluciones nutritivas y tres dosis de abono foliar en la producción hidropónica de cilantro (*Coriandrum sativum L.*) mediante el sistema hidropónico recirculante de NFT, bajo condiciones de fitotoldo del Centro Agronómico K'ayra – Cusco?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el rendimiento del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum L.*) en términos de peso fresco y seco del follaje, y peso fresco y seco de la raíz, al aplicar tres dosis de soluciones nutritivas y tres dosis de abono foliar en el sistema de NFT?
- ¿Cuál es el comportamiento agronómico del cilantro (*Coriandrum sativum L.*), medido por la altura de planta y longitud de raíz, al aplicar tres dosis de soluciones nutritivas y tres dosis de abono foliar en el sistema de NFT?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivo

2.1.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de tres dosis de soluciones nutritivas y tres dosis de abono foliar en la producción hidropónica de cilantro (*Coriandrum sativum L.*) mediante el sistema recirculante de NFT, bajo condiciones de fitotoldo en K'ayra – Cusco.

2.1.2. Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum L.*) mediante la evaluación del peso fresco y seco del follaje, y del peso fresco y seco de la raíz, bajo el efecto de tres dosis de solución nutritiva y tres dosis de abono foliar en el sistema de NFT bajo fitotoldo en K'ayra Cusco.
- Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum L.*), a través de la altura de planta y la longitud de la raíz, bajo el efecto de tres dosis de solución nutritiva y abono foliar en el sistema de NFT bajo fitotoldo en K'ayra Cusco

2.2. Justificación

La presente investigación adquiere relevancia en los ámbitos económico, social y científico, al evaluar el rendimiento del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) bajo el efecto de tres dosis de soluciones nutritivas y tres dosis de abono foliar, empleando un sistema hidropónico recirculante de NFT (Nutrient Film Technique) bajo condiciones de fitotoldo.

Desde la perspectiva económica, la aplicación de esta tecnología permite incrementar la productividad en menor tiempo, optimizando el uso eficiente de recursos como el agua y los nutrientes disueltos, tanto macronutrientes (N, P, K) como micronutrientes (Mg, Mn, B, Zn, Cu, Mo, S, Fe). Asimismo, contribuye a maximizar el rendimiento por unidad de superficie y a reducir los costos de producción mediante un uso más racional de insumos. Esto representa una alternativa viable para pequeños productores y emprendedores agrícolas, promoviendo sistemas de producción intensiva sostenibles y de bajo costo, que mejoran la rentabilidad.

En el ámbito social, la implementación de la hidroponía bajo fitotoldo constituye una oportunidad para la generación de empleo a nivel familiar y comunitario, al permitir una producción continua de hortalizas durante todo el año. Este enfoque favorece el abastecimiento permanente de alimentos frescos, contribuyendo al fortalecimiento de la seguridad alimentaria y a la mejora de la calidad nutricional de la población a nivel local y regional.

Desde el punto de vista científico, el estudio aporta información relevante sobre la respuesta agronómica del cultivo de cilantro frente a diferentes concentraciones de nutrientes en condiciones controladas. Los resultados permitirán establecer parámetros técnicos para optimizar la fertilización en sistemas hidropónicos, sirviendo como base para futuras investigaciones en cultivos de hojas. Asimismo, se fomenta el uso de tecnologías

agrícolas sostenibles, como el fitotoldo, que pueden adaptarse a diversas condiciones agroecológicas.

En consecuencia, la investigación se justifica por su contribución a la eficiencia productiva, la innovación tecnológica, el fortalecimiento de economías locales y la generación de conocimiento aplicado en el ámbito agronómico e hidropónico, particularmente en condiciones específicas de la región Cusco.

III.HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

La aplicación de tres dosis de solución nutritiva y tres dosis de abono foliar influye significativamente en la producción hidropónica de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) en condiciones de fitotoldo en K'ayra – Cusco, bajo el sistema hidropónico recirculante de NFT.

3.1.1. Hipótesis específicas

- La aplicación de tres dosis de solución nutritiva y tres dosis de abono foliar influye significativamente en el rendimiento del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L.), expresado en el peso fresco y seco del follaje y de la raíz, bajo el sistema hidropónico recirculante de NFT en condiciones de fitotoldo en K'ayra Cusco.
- La aplicación de tres dosis de solución nutritiva y tres dosis de abono foliar influye significativamente en el comportamiento agronómico del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L.), evaluado a través de la altura de planta y la longitud de la raíz, bajo el sistema hidropónico recirculante de NFT en condiciones de fitotoldo en K'ayra Cusco.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes a la investigación

Antecedentes internacionales

Geovanny, (2023), en su estudio sobre fertilización nitrogenada en el cultivo de cilantro, realizado en la comunidad de Gatazo Zambrano, cantón Colta, provincia de Chimborazo (Ecuador), a 3143 m s. n. m., tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes niveles de nitrógeno en el rendimiento del cultivo. La investigación se desarrolló bajo un diseño de bloques completamente al azar, con análisis estadístico mediante ANOVA y prueba de Tukey al 5 %. Los resultados evidenciaron diferencias significativas ($p < 0.05$), donde dosis elevadas de nitrógeno incrementaron el rendimiento del cultivo, destacando el uso de nitrato de amonio. Este estudio demuestra la importancia del manejo nutricional en el cultivo de cilantro, constituyendo un antecedente directo para la presente investigación.

De manera similar, Solórzano & Loor, (2022), en la provincia de Manabí, Ecuador, evaluaron la producción de cilantro mediante técnicas hidropónicas en condiciones de invernadero. Emplearon un diseño completamente al azar con análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Los resultados mostraron diferencias significativas en altura de planta, número de hojas y biomasa fresca, favoreciendo los tratamientos con mayores concentraciones de soluciones nutritivas. Este estudio respalda la eficiencia de la hidroponía y el uso de soluciones nutritivas en el cultivo de cilantro.

En contraste, Valle, (2021), en Ecuador, evaluó tres soluciones nutritivas en la producción de lechuga bajo sistema hidropónico de raíz flotante, utilizando un diseño completamente al azar con ANOVA y prueba de Tukey. Los resultados evidenciaron diferencias significativas ($p < 0.05$), determinando que la aplicación del 75 % de la solución estándar optimizó el rendimiento y redujo costos. Este antecedente, aunque en otro cultivo, confirma la importancia de ajustar las concentraciones nutritivas en sistemas hidropónicos.

De manera complementaria, Ortiz, (2020) evaluó el comportamiento de hortalizas, incluido el cilantro, bajo un sistema hidropónico NFT. El estudio utilizó análisis descriptivo y ANOVA, evidenciando un adecuado desarrollo del cultivo en variables de crecimiento y biomasa. Este resultado confirma la adaptabilidad del cilantro al sistema NFT, base tecnológica de la presente investigación.

Antecedentes nacionales

Cajo, (2016), en Perú, evaluó tres soluciones nutritivas en lechuga bajo sistema hidropónico NFT, empleando un diseño completamente al azar con análisis ANOVA y prueba de Tukey. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$), destacando la solución tipo Steiner como la más eficiente en términos de rendimiento. Este estudio evidencia la influencia de la composición nutritiva en la producción.

Manzano et al, (2018), en Perú, evaluaron tres dosis de potasio en lechuga bajo sistema NFT, utilizando un diseño experimental con análisis de varianza. Los resultados indicaron diferencias significativas, donde dosis moderadas generaron mejores rendimientos. Este antecedente refuerza la importancia de determinar dosis óptimas de nutrientes.

Muñoz, (2016), evaluó soluciones nutritivas en espinaca bajo sistema hidropónico, utilizando un diseño completamente al azar con ANOVA y prueba de Tukey. Los resultados evidenciaron diferencias significativas en crecimiento y rendimiento, confirmando que la dosificación adecuada de nutrientes es determinante en la producción.

Antecedentes locales

En el contexto local, Chávez & Mamani, (2023), en la región Cusco, evaluaron variedades de lechuga bajo sistemas hidropónicos con soluciones orgánicas, empleando un diseño experimental con análisis de varianza. Los resultados evidenciaron diferencias

significativas en rendimiento y calidad del cultivo, demostrando la eficiencia del sistema hidropónico en condiciones locales.

De manera similar, Ccahuana, (2019), en K'ayra, Cusco, evaluó soluciones nutritivas y biol en el cultivo de fresa bajo sistema hidropónico NFT, utilizando un diseño experimental con ANOVA y prueba de Tukey. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$), identificando tratamientos que mejoraron el rendimiento y la calidad del cultivo. Este antecedente es especialmente relevante por haberse desarrollado en la misma zona de estudio.

En conjunto, los antecedentes revisados evidencian que la nutrición mineral, el uso de soluciones nutritivas y la aplicación de sistemas hidropónicos como el NFT influyen significativamente en el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, se identifica un vacío en investigaciones que evalúen de manera conjunta el efecto de diferentes dosis de soluciones nutritivas y abono foliar en el cultivo de cilantro bajo sistema NFT en condiciones de fitotoldo, lo cual justifica el desarrollo de la presente investigación.

4.2. Bases teóricas

4.2.1. Cultivo del cilantro (*Coriandrum sativum* L.)

Según Ortega et al. (2019), El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) es una hierba anual ampliamente distribuida se desarrolla naturalmente en los bordes de huertos y campos, su empleo como planta medicinal se remonta a épocas milenarias se han hallado frutos en tumbas del antiguo Egipto, e Hipócrates ya lo utilizaba en el siglo V a.C. El valor alimentario y aromático es ampliamente reconocido, especialmente debido a su aceite esencial, lo que lo convierte en un condimento recurrente en la cocina. La planta presenta un porte ramificado, con raíces bien desarrolladas. En la base, las hojas son grandes (aproximadamente 12×4 cm), pinnatisectas, con lóbulos obovados a cuneiformes, en ocasiones dentados, y un solo lóbulo superior más destacado. El peciolo, de unos 6 cm, forma una vaina característica con un margen escarioso. Hojas superiores de segmentación más fina, casi aciculares. Las inflorescencias consisten en umbelas con radios de hasta 2 cm, con flores blancas o rosadas; el cáliz es persistente y dentado, los pétalos externos son planos con lengüeta aguda y los internos poseen una forma incurvada con lengüeta escotada.

Avilés et al (2019) menciona que la importancia de esta planta radica no solo en sus propiedades medicinales, utilizadas tradicionalmente para tratar afecciones como el reumatismo, dolores articulares, molestias gastrointestinales y flatulencias Said et al. (1996), sino también espasmos, neuralgias, disentería, dispepsia y vértigo Sreelatha et al. (2009), así como indigestión, insomnio, convulsiones, ansiedad y pérdida del apetito Emamghoreishi et al. (2005). Además, el cilantro es valorado como aromatizante en alimentos, licores Kapoor et al. (2001), perfumes, productos de tabaco y cosméticos Parthasarathy & Zachariah. (2008); Sahib et al. (2013). Por otro lado, presenta un alto potencial productivo, lo que favorece su cultivo y comercialización en grandes extensiones Vallejo & Estrada. (2004).

4.2.1.1. Origen

Según Ivanova y Stoletova (1990), citado por (Mejía et al. 2014), el cilantro parece haber surgido en regiones del centro y norte de India, así como en áreas del sur de Rusia y partes orientales de Afganistán y Pakistán. A su vez, Diederichsen (1996) sostiene que también es nativo del sur de Europa, Asia Menor y el norte de África, y que aún se encuentra de forma espontánea en algunas zonas de España. Según Ortega et al. (2019), El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) es una especie herbácea anual cuyos orígenes serían las regiones del norte de África y Asia, cuyo cultivo se ha extendido ampliamente a países del sur de Europa debido a su notable aroma y sabor característicos. Esta planta ha adquirido gran relevancia en la gastronomía, utilizándose tanto sus hojas frescas comúnmente en ensaladas, cebiches y otros platos frescos como sus frutos, ya sea enteros o molidos, en preparaciones cocidas, especialmente en la cocina asiática, como es el caso de los currys;

Según Mejía et al. (2014), Su origen es incierto, pero se cree que es nativo de África y el sur de Europa Ivanova y Stoletova (1990); los principales productores son la Unión Soviética, India, Marruecos, México, Rumania, Argentina, Irán y Pakistán y los países que lo importan son Alemania, USA, Sri Lanka y Japón.

4.2.1.2. Descripción Taxonómica

Leal (2018) cita a Tomar et al. (2014), El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) es una planta diploide ($2n = 22$ cromosomas) que pertenece a la familia Apiaceae

4.2.1.3. Clasificación taxonómica de Cilantro

Reino: Plantae

Clase: Angiospermas

Subclase: Dicotiledónea

Familia: Apiaceae anteriormente (Umbelliferae)

Género: *Coriandrum* L.

Especie: *Coriandrum sativum*

Fuente: Adaptado de: Diederichsen (1996).

4.2.1.4. Importancia económica

FAO (2017) El cilantro es un producto comercializado en todo el mundo, ampliamente utilizado en alimentos y cocina. Las semillas de cilantro se utilizan como condimento con o sin tostar en muchas cocinas como la india, marroquí, turca, mexicana y asiática. Las semillas del cilantro gozan de una posición destacada en la cocina india, para condimentar muchas preparaciones dulces y saladas y también en mezclas de curry.

Leyva Abascal et al. (2023) La relevancia económica del cilantro ha puesto en evidencia las implicancias comerciales derivadas de su restricción de ingreso al mercado estadounidense desde el año 2014. Esta medida fue adoptada por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA), tras detectar vínculos entre brotes recurrentes de ciclosporiasis y deficiencias en las condiciones sanitarias y de manipulación del cilantro cultivado y empacado en el estado mexicano de Puebla. En consecuencia, se activó la Alerta de Importación 24-23 (2014), la cual impide el ingreso de este producto al mercado norteamericano durante los meses de abril a agosto de cada año FDA (2021a). Esta restricción ha obligado a redirigir la producción del cilantro poblano al mercado interno mexicano.

La producción mundial de la semilla de cilantro se estima en alrededor de 600.000 toneladas al año, mientras que el comercio mundial de cilantro se estima en alrededor de entre 85.000 – 100.000 toneladas al año. El mayor y más grande productor mundial de semilla de cilantro es la India. La India aporta alrededor del 80% de la producción mundial de semillas de cilantro. Los otros grandes productores son Marruecos, Canadá, Rumania, Rusia y Ucrania, así como Irán, Turquía, Egipto, China, Estados Unidos, Argentina y México.

La creciente población mundial exige cada día mayor cantidad y calidad de alimentos, en particular fuera de estación. El mejoramiento genético ha ganado relevancia

debido a la creación de materiales capaces de generar una mayor superficie foliar y prolongar la duración en anaquel, asimismo para González Pérez (s. f.) en la actualidad de ha dispersado por muchos países el cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) por su Importancia económica.

Guzmán et al. (2018), La semilla también es un recurso subutilizado que, por su aceite, tiene importancia económica gracias a sus propiedades medicinales Bhat et al. (2014) y al uso de la semilla en sí como condimento en alimentos, incluido el curry típico de la comida de la India Laribi et al. (2015). Además, la semilla ha sido utilizada tradicionalmente en el tratamiento de problemas digestivos como la indigestión, náuseas y disentería (Al-Mofleh et al. (2006; Maroufi et al. (2010).

Tabla 1

Principales países exportadores de cilantro, Valor nutricional anual del quinquenio 2005-2009

Países	Valor anual promedio 2005.2009 (US\$)	Porcentaje	Acumulado (%)
India	29.06	31,0	31,0
Bulgaria	18.846	20,1	51,0
Marruecos	5.625	6,0	57,0
Canadá	5.219	5,6	62,6
Siria	4.308	4,6	67,2
Italia	3.549	3,8	71,0
Países Bajos	2.993	3,2	74,2
Rumania	2.545	2,7	76,9
Estados Unidos	2.273	2,4	79,3
Singapur	1.774	1,9	81,2
Otros exportadores	17.66	18,8	100,0
Total, mundial	93.852	100,0	

Fuente: United Nations Commodity Trade Statistics Database, 2009

Tabla 2

Principales países importadores de cilantro (Coriandrum sativum L.) Valor promedio anual del quinquenio 2005 – 2009

Países	Valor anual promedio 2005.2009 (US\$)	Porcentaje	Acumulado (%)
Malasia	11.615	14,0	14,0
Sri Lanka	6.611	8,0	21,9
Reino Unido	5.813	7,0	28,9
Estados Unidos	5.037	6,1	35,0
Japón	4.522	5,4	40,5
India	4.426	5,3	45,8
Alemania	4.196	5,1	50,8
Indonesia	3.481	4,2	55,0
Pakistán	3.457	4,2	59,2
Países Bajos	2.966	3,6	62,8
Otros importadores	30.923	37,2	100,0
Total, mundial	83.047	100,0	

Fuente: United Nations Commodity Trade Statistics Database, 2009.

En la Tabla 1 y Tabla 2 se muestran los principales países que importan y exportan cilantro (*Coriandrum sativum* L.) a nivel mundial; se observa que la India es el principal productor y consumidor mundial. La producción de cilantro estaba estimada en 600.000 t hasta el año 2009, de las cuales India produce entre 50 y 65% de ese total, siendo el principal estado productor Rajastán. también cabe mencionar que India es el mayor productor y exportar de semillas de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) en el mercado mundial (70%), mientras que Turquía, Egipto, Rumanía, Marruecos, Irán y China son otros de los principales exportadores.

Tabla 3

Principales países importadores de coriandro de América del Sur. Valor y volumen promedio anual del quinquenio. 2005-2009.

<i>Países</i>	Valor anual promedio 2005.2009 (US\$)	Porcentaje	Porcentaje en volumen
Brasil	841.413	1.171.056	81,3
Chile	127.687	103.704	7,2
Venezuela	320.095	93.048	6,5
Uruguay	29.929	36.008	2,5
Colombia	87.314	22.667	0,5
Ecuador	38.579	7.722	0,4
Perú	22.477	6.286	0,0
Bolivia	1.743	346	0,0
Paraguay	166	156	0,0
Total, Sudamérica	1.469.403	1.440.993	100,0

Fuente: United Nations Commodity Trade Statistics Database, 2009

Tabla 4

Principales destinos de las exportaciones de cilantro (Coriandrum sativum L.) de América del Sur. Valor y volumen promedio anual del quinquenio. 2005-2009

Destinos	Volumen anual promedio 2005.2009 (kg)	Porcentaje
Brasil	709.805	68,3
Sudáfrica	83	8,0
Chile	78.085	7,5
México	52.22	5,0
Trinidad y Tobago	35.822	3,4
Uruguay	28.812	2,8
Venezuela	17.375	1,7
Otros	33.539	3,2
Total	1.038.658	100,0

Fuente. INDEC, 2010.

En las Tablas 3 y 4 se presentan las importaciones y exportaciones de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) en América del Sur. (ITS, 2023) público que este contexto, Perú se caracteriza como un país importador de semillas de cilantro, evidenciando una dependencia del mercado externo para su abastecimiento. Según datos de comercio internacional, en el año 2023 Perú importó aproximadamente 62,666 kg de este producto, siendo Estados Unidos, Italia y Francia los principales países proveedores. Este comportamiento refleja la creciente demanda del cultivo y la necesidad de fortalecer la producción nacional para reducir la dependencia externa y mejorar la competitividad del sector.

4.2.1.5. Diversidad genética (variedades de cilantro)

Según Diederichsen (1996), citado por Cárdenas Silva & Inga Valenzuela (2017), el cilantro presenta dos variedades principales: *Coriandrum sativum* L. var. *sativum*, originaria de Asia y el norte de África, con frutos de mayor tamaño; y *Coriandrum sativum* L. var. *microcarpum* DC., procedente de Europa, con frutos más pequeños. Asimismo, existen diversas variedades comerciales de cultivo anual, entre ellas Long Standing, Santo y Slow Bolt.

De acuerdo con Kehr et al. (2014), citado por Cahuana (2023), las variedades se clasifican según la época de siembra: Santos y Slow Bolt para verano–primavera, Long Standing para invierno–otoño, y Moggiano y Santo para todo el año. En la presente investigación se emplean las variedades Santo y Long Standing.

Fernández (1989), citado por Cahuana (2023), señala que la variedad Santo presenta tallo firme, follaje denso y aroma característico, con un ciclo de 90 a 120 días y alto rendimiento, además de tolerancia a condiciones adversas. Por su parte, Morales (1995), citado por Cahuana (2023), y Life Seed citado por Cahuana Maza, (2023), describen la

variedad Long Standing como de porte vigoroso, con buen desarrollo foliar, aroma intenso, alta tolerancia a la floración y adaptabilidad durante todo el año.

4.2.1.6. Descripción botánica del cilantro (*Coriandrum sativum* L.)

Diederichsen (1996), citado por Leal (2018) describe como una planta alógama y herbácea que presenta una alta adaptabilidad a diversos tipos de ambientes y climas, gracias a su variabilidad morfológica, alcanzando alturas que oscilan entre 20 y 140 cm. Su raíz principal es pivotante y ramificada, lo que dificulta su trasplante. Después de la germinación de las hojas cotiledonares, el tallo emerge desde el meristemo apical en la zona de inserción, creciendo de manera vertical y desarrollando las hojas basales y, posteriormente, las hojas florales.

Figura 1

Polimorfismo de las hojas de cilantro.



a. hoja basal. b, c. hojas del centro del tallo. d. hoja superior.

Fuente. Diederichsen (1996).

Sharma & Sharma (2012), citado por Leal (2018), Las hojas florales son delgadas y finamente divididas, mientras que las hojas basales son anchas y enteras. Las hojas florales dan lugar a la inflorescencia terminal en forma de umbela compuesta, que incluye de 3 a 10

umbelas secundarias, cada una con entre 10 y 50 flores, según la variedad. Las flores son hermafroditas, pequeñas y de color blanco, lo cual dificulta la manipulación para realizar polinizaciones controladas.

Según Tamaro (1951), citado por Cahuana (2023), las flores de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) están agrupadas en pequeñas umbelas que, a su vez, conforman una umbela compuesta integrada por entre 6 y 9 umbelas secundarias. Las flores presentan una coloración que varía entre rosado claro y blanco grisáceo. Cada flor posee cinco sépalos dispuestos en el cáliz, mientras que la corola está unida en forma de corazón en el vértice, con lóbulos simétricos en el disco. Sin embargo, los pétalos periféricos son de mayor tamaño y muestran una disposición desigual, característica común en las inflorescencias de la familia Apiaceae.

Figura 2

Inflorescencia del cilantro.



a. Vista superior e inferior de la umbela. b. flor central de la umbela. c. flor.

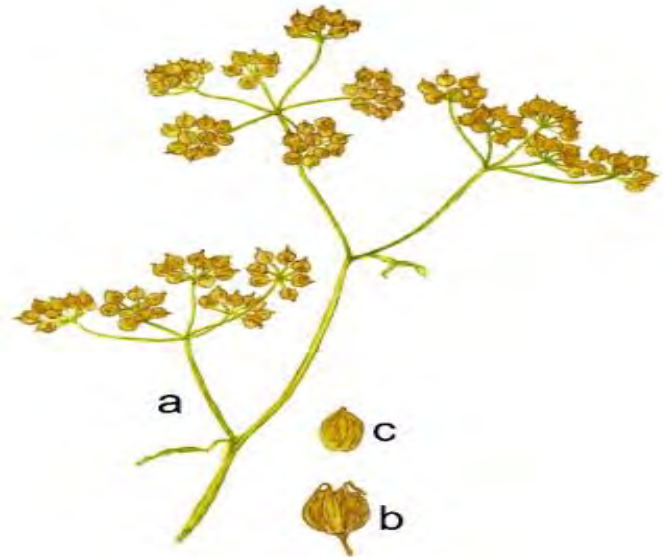
Fuente. Diederichsen, (1996).

Diederichsen (1996), citado por Cahuana (2023), describe que los frutos de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) son globosos u ovados, con un diámetro que puede alcanzar hasta los 6,0 mm. Generalmente, el esquizocarpio no se divide espontáneamente en sus dos mericarpios. Cada mericarpo presenta un pericarpio esclerotificado, convexo en su cara externa, mientras que en la cara interna es cóncavo y de consistencia pelicular. En el centro

del fruto, se puede observar el carpóforo, de tamaño diminuto, que conecta ambos mericarpios.

Figura 3

Fruto del cilantro.



a. Rama de frutos maduros de cilantro. b. fruto maduro dividido. c. fruto después de la extracción del pericarpio.

Fuente. Diederichsen, (1996).

Diederichsen, (1996). Citado por Leal, (2018), inicia con la umbela primaria compuesta. Las flores periféricas son las primeras en abrirse y presentan un mecanismo fisiológico de protandria, es decir, maduran primero los órganos masculinos (estambres) que los femeninos (carpelos). Las flores centrales de la umbela son predominantemente estaminadas, es decir, presentan estambres funcionales capaces de producir polen, pero carecen de ovario, o pueden ser completamente estériles. En estas flores, los filamentos se sitúan entre los pétalos.

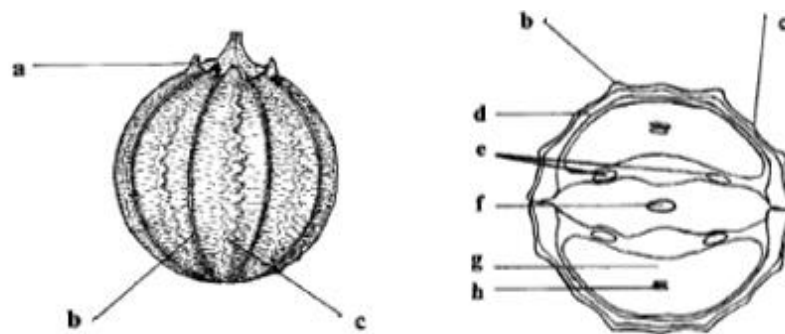
Una vez que la flor se abre, en las flores periféricas se hacen visibles los filamentos blancos entre los pétalos. Estas flores deben ser eliminadas si se busca evitar la fecundación con su polen. Bajo condiciones climáticas favorables, entre 2 a 3 días después de la apertura

floral, los sacos polínicos cambian de color (rosado o violeta), los filamentos se alargan, y los sacos se abren liberando el polen

El estigma permanece receptivo a la polinización durante un período máximo de cinco días. La polinización artificial puede realizarse transfiriendo manualmente los granos de polen de la planta “padre” al estigma de la planta “madre”, utilizando un pincel fino o frotando cuidadosamente las umbelas florecidas de la planta donadora sobre los estigmas Diederichsen (1996).

Figura 4

Morfología del fruto de cilantro



a. Ápice de los sépalos alrededor del estilopodio. b. Arista lateral. c. Arista.

Fuente. Diederichsen, (1996).

Ramanujam & Joshi, (1964), citado por (Leal, 2018), Es un cultivo de polinización cruzada, con un grado de alogamia que varía entre el 50 % y el 60 % Entre los principales insectos polinizadores se encuentran moscas comunes, mosquitos, abejas y diversos tipos de mariposas. Los frutos o semillas son esféricos, con un diámetro de 3 a 5 mm, de color amarillo oscuro, y presentan dos mericarpios unidos en un solo fruto. Estos poseen estrías que actúan como canales donde se almacena el aceite esencial (Diederichsen, 1996).

4.2.1.7. Valor nutricional

Leal (2018), En un estudio realizado en el año 2012 por el Gobierno de Nepal con apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

(FAO), se estableció la composición nutricional de diversos alimentos que aportan energía y nutrientes importantes para mantener una buena salud. En este estudio se incluye al cilantro como un alimento relevante en la ingesta humana. Tabla 5.

Tabla 5

Composición Nutricional en 100 g, Hojas de cilantro fresco.

Componente	Contenido	Unidad
Humedad	86.3	g
Proteínas	3.3	g
Grasas	0.6	g
Carbohidratos	6.3	g
Minerales	2.3	g
Fibra	1.2	g
Energía	44	kcal
Calcio	184	mg
Fosforo	71	mg
Hierro	1.42	mg
Caroteno	6918	ug
Vitamina C	135	mg
Tiamina	0.05	mg
Riboflavina	0.06	mg
Niacina	0.8	mg

Fuente. Prava, (2012).

4.2.1.8. Condiciones de suelo y clima

Estrada et al. (2004), La preparación de suelos y.o sustratos, en cualquiera de los sistemas de producción, es fundamental garantizar el uso de suelos o sustratos sueltos, con adecuada aireación y buen drenaje. En el caso de emplear sustratos orgánicos, estos deben estar completamente compostados (maduros), sin olores fuertes ni temperaturas elevadas que puedan afectar la germinación o el desarrollo inicial de las plantas. Para los sustratos de origen mineral (como carbonilla, ceniza, arena, balastro, ladrillo molido, entre otros), se debe asegurar que estén libres de contaminantes ferrosos y de concentraciones elevadas de sales solubles, las cuales podrían provocar toxicidad o desequilibrios nutricionales. Cuando

se realizan mezclas de sustratos orgánicos, minerales y suelo, es necesario que las proporciones utilizadas garanticen un medio de cultivo con alta porosidad, adecuada retención de humedad y nutrientes, buena aireación y óptimo drenaje, favoreciendo así el desarrollo radicular y el crecimiento de las plántulas.

Estrada et al. (2004), La preparación del terreno debe realizarse con algunos días de anticipación a la siembra, mediante labores de arado y rastreo que permitan airear el suelo y facilitar el control mecánico de malezas, las cuales podrían interferir con la germinación y el establecimiento del cultivo. El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) presenta un buen desarrollo en suelos con textura franca, ligeramente suelta, con un pH entre 6.0 y 7.0, buen drenaje y un contenido elevado de materia orgánica, condiciones que favorecen tanto el desarrollo radicular como la absorción eficiente de nutrientes.

4.2.1.9. Labores agronómicas

Siembra

Estrada et al. (2004), La siembra del cilantro se realiza de manera directa, colocando las semillas en el suelo o en el sustrato previamente preparado. La densidad de siembra depende del sistema productivo utilizado, siendo la dosis recomendada de semilla entre 1.5 y 2.5 gramos por metro cuadrado, lo que equivale a 15 a 25 kilogramos por hectárea. Esta cantidad permite establecer una población vegetal de aproximadamente 180 a 250 plantas por metro cuadrado, o entre 1.800.000 y 2.500.000 plantas por hectárea.

En cuanto al distanciamiento, los surcos simples pueden separarse entre 25 y 35 centímetros. En configuraciones con surcos múltiples (también llamados pachas), los surcos dobles se distancian entre sí de 10 a 15 centímetros, mientras que entre cada grupo de surcos dobles se debe dejar un espacio de 25 a 35 centímetros. Las pachas pueden conformarse por 4, 6 u 8 líneas de siembra dobles.

Es fundamental distribuir de forma uniforme aproximadamente 70 semillas por metro lineal, procurando una profundidad de siembra no mayor a 5 milímetros. Luego de colocar las semillas, se deben cubrir con una ligera capa de suelo, sustrato o algún material orgánico disponible como aserrín, viruta de madera o cascarilla de arroz. En sistemas tradicionales o artesanales, este tipo de cobertura vegetal ayuda a mantener la humedad, promueve una germinación más uniforme y retrasa la aparición de malezas.

Según INTAGRI, (2021), existen dos métodos principales para la siembra del cilantro. El primero es el sistema mateado en doble hilera, que sigue un patrón en diseño de “tres bolillos”, en el cual se coloca una cantidad variable de semillas por golpe, manteniendo una distancia entre matas de 18 a 25 cm. El segundo método es la siembra a chorillo en doble hilera, con una separación entre hileras que varía entre 20 y 30 cm. La implementación de siembras escalonadas es recomendable, ya que permite mantener una producción continua de cilantro durante todo el año.

Plantación de Semillero

Según PLANTOT, (2006) La extracción de semillas de cilantro es sencilla si la planta está madura. Los frutos deben recolectarse justo antes de su maduración completa, cuando adquieren un tono marrón rojizo. Se recomienda cortar la planta en días nublados por la tarde, hacer manojos y colgarlos para su secado, colocando una superficie debajo para recoger las semillas que se desprenden fácilmente. Cada fruto contiene dos semillas, las cuales pueden sembrarse directamente, produciendo dos plántulas que luego pueden separarse en el trasplante.

INTAGRI (2021) menciona que la recolección del cilantro se lleva a cabo manualmente entre los 60 y 90 días después de la siembra. Los principales indicadores para determinar el momento óptimo de cosecha del follaje incluyen: una altura de planta de entre 20 y 35 cm, cierre completo de las hileras por el follaje, ausencia de manchas en las hojas,

y presencia de hojas angostas, estriadas, y de un verde claro e intenso. Para evitar la deshidratación del producto, se sugiere realizar la cosecha en horas de la mañana o en la tarde. Posteriormente, el cilantro es agrupado en manojos de 2 a 3 cm de diámetro, los cuales se colocan en cajas con capacidad de 9 a 20 kg para su posterior transporte.

Según PLANTOT (2006), Las semillas pueden almacenarse en papel aluminio o papel encerado para futuras siembras. La época ideal de siembra es en primavera, evitando heladas. Dado que el cilantro es anual, se recomienda hacer siembras sucesivas. Es una planta de fácil cultivo, que requiere suelos sueltos y buen drenaje, evitando el encharcamiento. Puede sembrarse en semilleros o directamente en macetas.

Para los semilleros se usan recipientes poco profundos con orificios de drenaje, tierra abonada y siembra a 1 cm de profundidad. La germinación ocurre entre 10 y 15 días, y a partir de la segunda semana comienzan a aparecer hojas características. Durante las primeras etapas, es mejor evitar la exposición prolongada al sol directo; una vez la planta tiene más de seis hojas, se adapta mejor a la luz y se puede trasplantar si es necesario.

Trasplante y crecimiento

Según PLANTOT (2006), Para el consumo doméstico, basta con una o dos plantas de cilantro, por lo que es útil realizar siembras escalonadas y compartir plántulas sobrantes. El trasplante puede hacerse de dos formas:

Trasplante definitivo a maceta:

Es fundamental manejar las raíces con cuidado, ya que el cilantro es sensible al trasplante. Se recomienda usar una maceta de al menos 20 a 30 cm de alto con tierra abonada, suelta y seca. El procedimiento debe hacerse en la mañana, antes del riego y la exposición solar. La plántula debe retirarse con algo de tierra alrededor, sembrarse sin doblar las raíces, cubrirse ligeramente el tallo con tierra y regarse abundantemente.

Trasplante temporal a bolsas plásticas:

Para regalar o sembrar en espacios públicos, se puede usar una bolsa de plástico de unos 15 × 10 cm, perforada para el drenaje. El proceso de extracción es similar, pero requiere más delicadeza por el espacio reducido. La planta puede mantenerse allí hasta por un mes, antes de que el limitado espacio afecte su crecimiento.

Cosecha y uso del cultivo

PLANTOT (2006), El cilantro puede proveer hojas frescas durante varios meses si se le da un cuidado básico, como riegos regulares sin excesos (ya que demasiada agua puede dañarlo) y una buena exposición a la luz solar durante su fase adulta.

Lo ideal es cosechar las hojas conforme se necesiten, usando las manos o tijeras, lo que permite que la planta continúe creciendo y generando nuevas hojas. Estas hojas frescas tienen un aroma que se desvanece rápidamente tras ser cortadas, por lo que cultivarlas en casa asegura un mejor aprovechamiento.

La planta produce dos tipos de hojas: Las primeras, más anchas, dentadas y en forma de abanico, son las más usadas en la cocina. Las hojas superiores, más delgadas y segmentadas, aparecen cuando la planta madura y se parecen a las del hinojo o eneldo.

En cuanto a los frutos (comúnmente llamados semillas), se cosechan al secarse, cuando alcanzan un tono amarillo-rojizo. Una vez recolectados y secos, pueden utilizarse como condimento entero o molido, o conservarse para futuras siembras.

4.2.1.10. Cilantro (*Coriandrum sativum* L.), variedad Santo.

Hortus (2026) indica que la semilla de cilantro, variedad Santo, corresponde a una hortaliza de crecimiento erecto, vigorosa y de hojas finamente cortadas de color verde oscuro, destacando por su buena presentación y sabor característico ampliamente utilizado en la gastronomía peruana. Pertenece al grupo de floración lenta, lo que permite un mayor periodo de cosecha.

Presenta un porcentaje de germinación referencial entre 70% y 90%, dependiendo de la calidad de la semilla y las condiciones de manejo. Se cultiva en climas templados a cálidos, con temperaturas óptimas entre 18 °C y 25 °C, en suelos bien drenados de textura franca.

Su densidad de siembra varía entre 8 y 12 kg/ha, con distanciamientos de 20 a 30 cm entre hileras, y puede alcanzar rendimientos de 8 a 15 toneladas por hectárea en condiciones adecuadas. Se consume principalmente fresco, siendo un cultivo de alta demanda en el mercado por su importancia culinaria.

4.2.2. Hidroponía

OASIS EASY PLANT (s. f.), Durante el siglo XXI se ha producido un renovado impulso un renacimiento de prácticas agrícolas sostenibles. Los cambios demográficos en las zonas agrícolas tradicionales han llevado a los productores a reconsiderar la manera de obtener cultivos de alta calidad en espacios cada vez más reducidos. A esto se suman el cambio climático y la disminución de recursos hídricos, que han impulsado el desarrollo y perfeccionamiento de métodos de producción intensiva, como la hidroponía.

Actualmente, numerosas empresas agrícolas han optado por sustituir sus métodos convencionales por sistemas hidropónicos, lo cual ha resultado en mejoras notables tanto en la calidad de los productos como en la rentabilidad económica.

Asimismo, en los últimos años se ha observado un creciente interés por parte de personas que practican hidroponía en espacios urbanos reducidos, lo que demuestra la gran adaptabilidad de esta técnica a distintos entornos y dimensiones.

OASIS EASY PLANT (s. f.), También indica que el desarrollo de las soluciones minerales necesarias para suministrar nutrientes en cultivos hidropónicos no se produjo sino hasta el siglo XIX. En 1699, John Woodward experimentó con el cultivo de plantas en agua y descubrió que estas crecían mejor en agua no purificada que en agua destilada,

concluyendo que su desarrollo dependía de ciertas sustancias presentes en el agua derivadas del suelo.

Posteriormente, en 1804, De Saussure planteó que las plantas están formadas por elementos químicos provenientes del agua, el aire y el suelo.

Fue en la década de 1860 cuando los botánicos alemanes Julius Von Sachs y Wilhelm Knop perfeccionaron las soluciones nutritivas minerales para el cultivo sin suelo, lo que dio origen a la técnica conocida como “cultivo en solución” (solution culture), que se convirtió en una metodología estándar para la investigación y la enseñanza científica, manteniéndose vigente hasta la actualidad.

Más adelante, en 1928, el profesor William Frederick Gericke de la Universidad de California en Berkeley propuso utilizar este método para la producción agrícola a gran escala, denominando a esta disciplina "hidroponía" en 1937. Aunque se le atribuye la autoría del término, Gericke menciona que fue una sugerencia del Dr. W.A. Setchell, quien combinó las raíces griegas hydros (agua) y ponos (trabajo). Finalmente, en 1940, Setchell publicó el libro "Complete Guide to Soilless Gardening" (Guía Completa del Cultivo sin Suelo), consolidando los fundamentos de la hidroponía moderna.

Beltrano & Gimenez (s. f.), La hidroponía es un conjunto de métodos que permiten el cultivo de plantas sin necesidad de suelo como soporte. Esta técnica posibilita la producción de especies vegetales, principalmente herbáceas, en diversos espacios como azoteas, terrenos infértiles, zonas rocosas o invernaderos, ya sean controlados o no, mediante estructuras tanto simples como complejas.

A partir de esta definición, se han desarrollado sistemas que emplean sustratos inertes para sostener las plantas, o bien utilizan soluciones nutritivas que pueden estar en reposo o en circulación. Todo ello se lleva a cabo teniendo en cuenta los requerimientos fisiológicos de la planta, como temperatura, humedad, agua y nutrientes.

El término hidroponía proviene del griego *hydro* (agua) y *ponos* (trabajo), lo que significa literalmente “trabajo en agua”. No obstante, en la actualidad se emplea para referirse, de forma general, a los cultivos sin suelo.

Zárate (2014), sostiene que la técnica hidropónica se distingue principalmente porque no requiere el uso de suelo durante ninguna fase del desarrollo del cultivo. En su lugar, las plantas obtienen los nutrientes directamente del agua, en la que estos están disueltos. Una de las grandes ventajas de este método es su versatilidad, ya que puede implementarse en diferentes espacios, condiciones climáticas y niveles económicos.

A continuación, se detallan los componentes esenciales para implementar un sistema hidropónico:

- Material vegetal: especies de hortalizas u otros cultivos adecuados.
- Recipiente o contenedor: estructura que sostiene el sistema.
- Sustrato: medio inerte que brinda soporte físico a la planta.
- Solución nutritiva: mezcla de agua con los nutrientes requeridos para el crecimiento vegetal.

4.2.2.1. Ventajas de los cultivos hidropónicos

Zárate (2014), menciona las siguientes ventajas de los cultivos hidropónicos

- Independencia climática: No depende de las condiciones meteorológicas externas.
- Ciclo continuo de cultivo: Permite sembrar la misma especie durante varios ciclos sin agotar el sustrato.
- Alta productividad: Posibilita múltiples cosechas al año y mayor rendimiento por unidad de superficie.

- Buen manejo del agua y nutrientes: Ofrece un drenaje eficiente, mantiene el equilibrio aire-agua-nutrientes, conserva la humedad uniforme y reduce significativamente el consumo de agua.
- Control técnico: Facilita el ajuste del pH, así como la corrección de deficiencias o excesos nutricionales.
- Mayor densidad y calidad: Admite mayor número de plantas por metro cuadrado, generando productos de alta calidad en menos tiempo.
- Reducción de costos y recursos:
 - Disminuye costos de producción y uso de maquinaria agrícola.
 - Utiliza materiales locales o reciclados.
 - No requiere mano de obra especializada.
- Sostenibilidad:
 - Minimiza el impacto ambiental (menos erosión y contaminación).
 - Promueve condiciones higiénicas y limpias en el cultivo.
 - Rápida recuperación de la inversión inicial.

4.2.2.2. Desventajas de los cultivos hidropónicos

Para Zárate (2014), las desventajas de los cultivos hidropónicos son:

- Conocimientos técnicos: Especialmente en cultivos comerciales, se requiere formación en fisiología vegetal y química inorgánica.
- Inversión inicial elevada: Aunque se recupera rápidamente, el sistema requiere una infraestructura inicial importante.
- Mantenimiento constante: Necesita monitoreo y cuidado permanente del sistema (instalaciones, solución nutritiva, control de variables ambientales).

4.2.2.3. Contenedores

Zárate (2014), Los contenedores son fundamentales para el soporte físico y la conducción de la solución nutritiva en sistemas hidropónicos. Pueden variar ampliamente en forma, material y disposición, adaptándose a las condiciones del cultivo y espacio disponible.

4.2.2.4. Materiales recomendados

Los contenedores pueden fabricarse con materiales resistentes y accesibles, tales como: Concreto, Asbesto (con restricciones por salud en algunos países), Madera tratada, Aluminio, Poliéster, Acrílico, Ladrillo, Polivinilo (PVC), Cartón asfaltado, Plástico (polietileno, polipropileno, etc.). No se recomienda el uso de metales oxidables (como hierro o acero al carbono), ya que pueden reaccionar con la solución nutritiva y alterar su composición química.

4.2.2.5. Disposición de los contenedores

Contenedores horizontales

- Profundidad: entre 10 a 30 cm (según el tipo de cultivo).
- Ancho: de 20 a 120 cm.
- Largo: variable, llegando hasta 50 metros.

Usos comunes: cultivos de hortalizas, plantas de porte bajo o mediano, sistemas de flujo laminar (NFT, raíz flotante).

Contenedores verticales

- Generalmente se usan bolsas tubulares de polietileno.
- Diámetro: entre 10 a 50 cm.
- Altura: hasta 2 metros.

Usos comunes: cultivos verticales en espacios reducidos (ej. fresas, hierbas aromáticas), sistemas tipo torre o columna.

4.2.2.6. Sustratos

Según Zárata, (2014), En los sistemas hidropónicos, el sustrato cumple la función de reemplazar al suelo tradicional, proporcionando soporte mecánico a las raíces de las plantas y facilitando la retención de agua y nutrientes esenciales.

En las primeras aplicaciones de esta técnica, el agua fue utilizada como único medio de cultivo. Sin embargo, con el tiempo, se introdujeron sustratos sólidos, los cuales mejoraron significativamente el manejo y eficiencia del sistema.

Actualmente, los cultivos hidropónicos se clasifican en tres modalidades principales según el tipo de medio utilizado:

- Cultivo en agua: sistema en el que las raíces permanecen en contacto directo con soluciones nutritivas.
- Cultivo en grava: se emplea grava lavada como medio inerte para sostener las raíces, permitiendo un buen drenaje.
- Cultivo en agregados: incluye el uso de materiales como perlita, vermiculita, fibra de coco, arena, entre otros, que proporcionan retención de humedad y buena aireación.

Estos tipos de sustratos han permitido diversificar y optimizar las condiciones de producción en la hidroponía, adaptándose a diferentes especies vegetales y contextos ambientales.

4.2.2.7. Soluciones nutritivas

Para Beltrano & Gimenez, (s. f.), La solución nutritiva constituye el medio fundamental mediante el cual las plantas obtienen el agua y los elementos esenciales para su desarrollo. Para ser considerada completa, debe contener macronutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), los cuales se requieren en concentraciones relativamente altas ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). Asimismo, debe incluir micronutrientes

como hierro (Fe), molibdeno (Mo), boro (B), zinc (Zn), níquel (Ni) y cobre (Cu), necesarios en menores cantidades ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$).

Según Zárate (2014), La solución nutritiva en hidroponía se forma al combinar agua con fertilizantes, siendo esta mezcla fundamental para el desarrollo óptimo de las plantas. Sin embargo, antes de su preparación, es esencial conocer las características fisicoquímicas del agua que se utilizará para el riego.

En sistemas comerciales, se recomienda realizar un análisis detallado que incluya parámetros como el pH y la concentración de nutrientes o elementos químicos relevantes, tales como: fosfatos, cloruros, calcio, magnesio, potasio, boro, hierro, cobre, manganeso, zinc, molibdeno, nitratos, carbonatos, bicarbonatos y sulfuros. Estos datos permiten ajustar adecuadamente la composición de la solución nutritiva y evitar problemas de toxicidad, deficiencia o bloqueo de nutrientes.

En sistemas hidropónicos domésticos o a pequeña escala, como mínimo, se aconseja verificar el pH del agua. Un pH adecuado facilita la disponibilidad de nutrientes en la solución y evita precipitaciones que afectarían la absorción por parte de las plantas.

Beltrano & Gimenez, (s. f.), Dado que las plantas no pueden absorber estos elementos en su forma elemental, es necesario suministrarlos en forma de iones solubles, permitiendo así su adecuada asimilación.

Uno de los factores críticos para garantizar la disponibilidad de estos nutrientes es el pH de la solución, el cual debe mantenerse en un rango ligeramente ácido, idealmente entre 5.8 y 6.5, para evitar la precipitación de los elementos y, por consiguiente, deficiencias nutricionales.

Además, debe controlarse la conductividad eléctrica (CE), que refleja la cantidad de sales disueltas y la capacidad de la solución para conducir electricidad. Se expresa en Siemens por centímetro (S.cm) o mhos.cm, y su valor óptimo para la mayoría de los cultivos

hidropónicos se sitúa entre 1.8 y 2.3 mmhos.cm. Valores fuera de este intervalo pueden afectar la absorción de nutrientes, impactando negativamente en el crecimiento de las plantas.

4.2.2.8. Clasificación de los sistemas de cultivo sin suelo (CSS)

Según Beltrano & Gimenez, (s. f.), Los sistemas de cultivo sin suelo (CSS) pueden clasificarse según el entorno en el que se desarrollan las raíces.

Sistemas de solución Estática

Donde las raíces están sumergidas en tanques o recipientes llenos de solución nutritiva. Este sistema presenta limitaciones como la baja disponibilidad de oxígeno, especialmente en condiciones de alta temperatura, lo que reduce aún más la solubilidad del oxígeno. Para contrarrestar esta deficiencia, se puede recurrir a la formación de raíces aéreas que transportan oxígeno a las raíces sumergidas, o bien aplicar oxigenación artificial mediante burbujeo con bombas o compresores.

Sistema con solución recirculante

Según Brenes & Jiménez, (2014); Rodríguez Delfín, (s. f.), El sistema NFT (*Nutrient Film Technique*), desarrollado por el Dr. Allen Cooper en la década de 1970, es una técnica hidropónica que se basa en la circulación continua o intermitente de una solución nutritiva a través de canales o conductos en los cuales se desarrollan las raíces de las plantas. Esta lámina delgada de solución fluye en un plano ligeramente inclinado, permitiendo que las raíces absorban tanto los nutrientes esenciales como el oxígeno disuelto, sin la necesidad de un sustrato sólido.

Según Beltrano & Gimenez, (s. f.), El cultivo de plantas sin suelo se clasifica en dos grandes grupos: el cultivo en agua (hidroponía), que incluye sistemas como las balsas flotantes o la técnica del film nutritivo (NFT), y el cultivo en sustrato, utilizando materiales como turba, fibra de coco, vermiculita, perlita, arena o lana de roca. Este tipo de producción

intensiva está en constante evolución, con innovaciones dirigidas a optimizar tanto el rendimiento como la calidad de las cosechas. Esto se logra mediante la incorporación de tecnologías que permiten un mayor control sobre las condiciones de crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Según Rodríguez Delfín, (s. f.), El sistema NFT (Nutrient Film Technique) es una técnica hidropónica que se basa en el cultivo de plantas en agua, mediante la circulación constante de una solución nutritiva a través de canales o conductos donde se desarrollan las raíces.

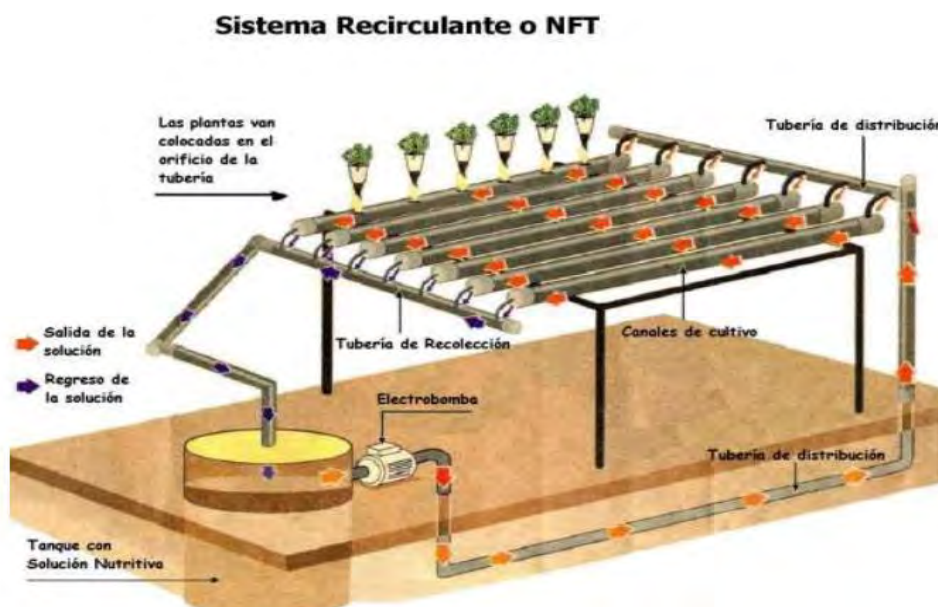
Según Brenes & Jiménez, (2014), La técnica hidropónica de cultivo con flujo laminar de nutrientes, conocida como NFT (Nutrient Film Technique), fue desarrollada con el objetivo de incrementar la eficiencia y productividad en el cultivo hidropónico de hortalizas y otras especies vegetales. Esta técnica consiste en hacer circular una delgada lámina de solución nutritiva a través de canales ligeramente inclinados, en cuyo interior se desarrollan las raíces de las plantas.

Rodríguez Delfín (s. f.), Una de las principales ventajas del sistema hidropónico recirculante (NFT) es la considerable disminución en el uso de agua y fertilizantes en relación con la cantidad de plantas cultivadas. Además, este sistema requiere menor intervención de mano de obra, reduce el tiempo de cosecha respecto a la agricultura convencional debido al acortamiento del ciclo de desarrollo del cultivo, y mejora tanto la calidad como la sanidad del producto obtenido.

El Centro de Hidroponía de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) ha desarrollado una versión adaptada del sistema NFT que funciona con recirculación intermitente cada 15 minutos y mantiene una lámina de solución nutritiva de entre 2 y 3 cm en los canales durante los periodos de pausa. Esta innovación permite un ahorro significativo de energía sin comprometer el desarrollo del cultivo.

Figura 5

Esquema del Sistema NFT modificado



Fuente: Centro de Investigación de Hidroponía- UNALM

Este sistema modificado se implementó en un módulo hidropónico de aproximadamente 100 m², el cual alberga seis bloques o subunidades. En este espacio se cultivan alrededor de 2,300 plantas de lechuga, logrando una densidad de producción de aproximadamente 23 lechugas por metro cuadrado.

El diseño del sistema permite una alta eficiencia en el uso de agua y fertilizantes, ya que la solución se recircula, minimizando el desperdicio y facilitando el control de las condiciones del cultivo.

Sistema Aeropónico

En el cual las raíces se suspenden en el aire y son humedecidas directamente por la solución nutritiva. En este método, el suministro de agua, más que el oxígeno, se convierte en el factor crítico. Por lo general, se emplean recintos cerrados donde las raíces cuelgan y reciben pulverizaciones regulares de solución a través de micro aspersores, cuya frecuencia y duración se ajustan según las condiciones ambientales. El exceso de solución se recoge y retorna al tanque de almacenamiento.

Características del sistema NFT

Sánchez, R., et al. (2004). Indican que la siguiente:

- NFT: el cultivo se realiza en tubos o canalones fabricados a estos fines o adaptados para ello. Es importante que el material utilizado, no aporte elementos tóxicos para las plantas.
- Pendiente del canal 1,5%
- Caudal de la película de solución por canal: 2 a 6 l.min
- CE (conductividad eléctrica de la solución); Invierno: 0,4 a 0,6 meq.100 g y Verano: 1 a 1,6 meq.100 g
- pH 5,5 a 6,1

Concentración de Oxígeno: A medida que la temperatura aumenta, la disponibilidad de O₂ disuelto disminuye significativamente, motivo por el cual se deben aplicar algunas de las técnicas mencionadas: burbujeo o bien algún tipo de agitación o alternancia de riegos y suspensión de riego, a fin de incrementar la disponibilidad de O₂ para las raíces.

Elementos constituyentes de una instalación de NFT

Según Carrasco, (1996), El sistema básico "NFT" se constituye de cinco elementos iniciales:

- Estanque colector
- Canales de cultivo
- Bomba
- Red de distribución
- Tubería colectora.

Según Rodríguez Delfín, (s. f.), El correcto funcionamiento del sistema hidropónico depende del conocimiento y adecuada disposición de sus componentes principales:

Tanque de solución nutritiva

Este recipiente almacena la mezcla de agua con nutrientes esenciales. Su capacidad debe estar en función del tamaño del área de producción; por ejemplo, un tanque de 1,000 litros es suficiente para un área de 100 m². Se recomienda que sea de polietileno y esté protegido de la luz solar directa para evitar el crecimiento de algas. Además, debe contar con una tapa fácilmente removible que permita el ingreso de la tubería de retorno de la solución por gravedad.

Electrobomba

Es el dispositivo encargado de impulsar la solución nutritiva desde el tanque hacia los canales de cultivo. Para una superficie de hasta 100 m², una bomba centrífuga de 0.5 HP con un caudal de 80 litros.minuto es adecuada. El caudal en el ingreso a los canales debe regularse entre 2 y 3 litros.minuto para generar una ligera turbulencia, lo que favorece la oxigenación de las raíces. Su operación puede automatizarse con un temporizador (timer).

Sistema de tuberías

Tubería de distribución: conecta el tanque con la bomba y esta con los canales de cultivo, permitiendo la llegada de la solución nutritiva.

Tubería de recolección: recoge el líquido que retorna desde los canales y lo lleva de vuelta al tanque, aprovechando la gravedad. Esta tubería debe estar colocada a menor nivel que los canales y con pendiente descendente, lo que permite generar oxigenación adicional por turbulencia al caer.

Las tuberías deben ser de PVC nuevo para evitar reacciones químicas con los nutrientes.

Canales de cultivo

Son los conductos donde se desarrollan las raíces de las plantas. Idealmente, no deben exceder los 15 metros para asegurar una buena oxigenación. Se recomienda usar tubos

de PVC de 3 pulgadas para cultivos como lechuga o albahaca, y de 4 pulgadas para plantas con mayor volumen radicular como fresa o apio. En la parte superior de los tubos se hacen perforaciones de 5 cm de diámetro para insertar macetas plásticas. La separación entre orificios varía según el tipo de cultivo (20 cm para lechuga, 25 cm para fresa).

Los canales deben tener una ligera inclinación que permita que la solución fluya y retorne al tanque, facilitando el recirculado y oxigenación. Estos se sostienen sobre estructuras fabricadas con madera o fierro corrugado.

Figura 6

Disposición del tanque, bomba, canales de cultivo y tubería de drenaje en un sistema NFT



Fuente. Centro de Investigación de Hidroponía- UNALM

Figura 7

Canales de cultivo de 3", tubería de distribución de 1", llave de paso de 1"



Fuente. Centro de Investigación de Hidroponía- UNALM.

4.2.3. Soluciones nutritivas

Para Palomino, K. (2008) citado por (Quipo Mendoza, 2016), dice que una forma de preparar solución nutritiva que ha sido probada con éxito en varios países de América Latina y el Caribe para producir una gran variedad de hortalizas, plantas ornamentales y medicinales está compuesta de dos soluciones concentradas, las que llamaremos: solución concentrada A y solución concentrada B.

Por lo que la solución A, aporta a las plantas los elementos nutritivos que ellas consumen en mayor proporción, mientras la solución B, aporta los elementos nutritivos que son requeridos en menor cantidad o proporción, pero que son esenciales para que las plantas logren desarrollar en forma normal los procesos fisiológicos que la harán crecer bien y producir hermosos frutos y abundantes cosechas.

Composición de soluciones nutritivas

Según Marulanda & Izquierdo Juan, (2003), Las plantas no solo absorben elementos del aire y del agua, como el carbono (C), el hidrógeno (H) y el oxígeno (O), sino que también requieren una variedad de nutrientes minerales para su adecuado crecimiento y desarrollo.

Estos elementos se clasifican según la cantidad en la que son absorbidos y su función fisiológica.

Según la cantidad requerida, los elementos indispensables se agrupan en:

- Macronutrientes primarios: Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K).
- Macronutrientes secundarios: Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S).
- Micronutrientes (o elementos menores): Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Boro (B) y Molibdeno (Mo).

Estos nutrientes son fundamentales para procesos como la fotosíntesis, la síntesis de proteínas, el transporte celular y la división celular.

Existen también elementos que no son indispensables para todas las plantas, pero pueden tener efectos positivos en ciertas especies o en condiciones específicas. Entre ellos se encuentran: Cloro (Cl), Sodio (Na), Silicio (Si), estos pueden participar en funciones osmóticas o estructurales.

Elementos no esenciales para las plantas, pero sí para animales:

Algunas sustancias no son necesarias para el metabolismo vegetal, pero sí son importantes para la nutrición animal al consumir los vegetales. Ejemplos de estos son: Cobalto (Co), Yodo (I)

Elementos potencialmente tóxicos:

Existen compuestos como el aluminio (Al) que, aun en bajas concentraciones, pueden ser tóxicos para las plantas, especialmente si se acumulan en el medio de cultivo.

Todos los nutrientes esenciales deben suministrarse en concentraciones equilibradas. Tanto una deficiencia como un exceso, en especial de los micronutrientes, puede generar toxicidad, afectar la absorción de otros elementos y provocar trastornos fisiológicos en los cultivos hidropónicos.

Zirena, J. (2002). Citado por (Quipo, 2016), Indica que sólo 16 elementos están considerados como esenciales para el desarrollo y crecimiento de las hortalizas. Estos se dividen en macronutrientes, requeridos en grandes cantidades y los micronutrientes, requeridos en menor cantidad.

Tabla 6

Macronutrientes y micronutrientes

Macronutrientes	Micronutrientes
Nitrógeno (N)	Hierro (Fe)
Potasio (K)	Cloro (Cl)
Azufre (S)	Manganeso (Mn)
Fósforo (P)	Boro (B)
Calcio (Ca)	Cobre (Cu)
Magnesio (Mg)	Zinc (Zn)
Carbono (C)	Molibdeno (Mo)
Hidrógeno (H)	
Oxígeno (O)	

Fuente. (Quipo Mendoza, 2016)

Para el presente trabajo se utilizó la solución hidropónica La molina, cuya composición se muestra en la Tabla 6; para Rodríguez, A. et al (2001) citado por (Quipo Mendoza, 2016) indican que la fórmula de la solución hidropónica La Molina se prepara con los fertilizantes mencionados en la Tabla 7.

Tabla 7

Solución concentrada A y solución hidropónica B

Solución concentrada a:	Solución hidropónica b:
(Para 5,0 litros de agua, volumen final)	(Para 2,0 litros de agua, volumen final)
Nitrato de potasio 13.5% N, 45% K ₂ O 500 g	Sulfato de magnesio 16% MgO, 13% S 220 g
Nitrato de amonio 33% N 350 g	Quelato de hierro 6% Fe 17 g
Superfosfato triple 45% P ₂ O ₅ , 20% CaO 180 g	Solución de micronutrientes 400 mL

Fuente. Adaptado de (Quipo Mendoza, 2016)

4.2.4. Ficha técnica de solución hidropónica

(AGROUNICA, 2012) Señala que, la solución hidropónica “La Molina®” es una formulación nutritiva desarrollada en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), con el objetivo de facilitar la producción hidropónica mediante el uso de fertilizantes de fácil acceso en el Perú. Esta solución se basa en el principio de una nutrición balanceada, considerada fundamental para el éxito de los sistemas hidropónicos.

La formulación se presenta en dos soluciones concentradas denominadas A y B, las cuales se preparan por separado para evitar reacciones químicas indeseadas entre los nutrientes. La solución A contiene principalmente macronutrientes como nitrato de potasio, nitrato de amonio y superfosfato triple, mientras que la solución B aporta nutrientes secundarios y micronutrientes, incluyendo sulfato de magnesio, quelatos de hierro y una mezcla de elementos menores.

Para la preparación de la solución nutritiva, ambas soluciones concentradas se diluyen en agua en proporciones específicas, generalmente 5 mL de solución A y 2 mL de solución B por litro de agua. Esta combinación proporciona una concentración equilibrada de nutrientes esenciales, tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y micronutrientes como hierro, zinc, manganeso, cobre, boro y molibdeno, los cuales son fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

La solución nutritiva obtenida constituye una formulación estándar que puede ser utilizada en diversos cultivos hidropónicos, como hortalizas de hoja, raíces, frutos y plantas aromáticas. Sin embargo, se reconoce que no existe una solución universal óptima para todos los cultivos, debido a las diferencias en sus requerimientos nutricionales. Por ello, la concentración de la solución puede ajustarse en función del cultivo, la calidad del agua y las condiciones de producción.

En etapas iniciales del cultivo, como el almácigo, se recomienda aplicar soluciones diluidas (por ejemplo, la mitad de la concentración estándar), incrementándose progresivamente conforme avanza el desarrollo de la planta. Asimismo, la formulación puede modificarse según análisis previos del agua o disponibilidad de fertilizantes, permitiendo su adaptación a distintas condiciones productivas.

En síntesis, la solución hidropónica La Molina® representa una alternativa técnica eficiente, flexible y de bajo costo para la producción hidropónica, siendo ampliamente utilizada en sistemas como NFT debido a su equilibrio nutricional y facilidad de preparación.

4.2.5. Bayfolan Forte

(Bayer Crop Science, s.f.) señala que el fertilizante foliar Bayfolan® Forte es una formulación líquida inorgánica que contiene una combinación balanceada de macronutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo y potasio, complementados con micronutrientes (hierro, zinc, manganeso, cobre, boro y molibdeno), además de compuestos bioactivos como fitohormonas (ácido indolacético) y vitaminas (tiamina). Esta composición favorece el desarrollo fisiológico de las plantas al estimular sus procesos metabólicos, promoviendo un mayor crecimiento, vigor y productividad.

Asimismo, Bayer Crop Science (s.f.) indica que su principal mecanismo de acción radica en la rápida absorción foliar de nutrientes, lo que permite corregir deficiencias nutricionales, especialmente de microelementos, frecuentes en condiciones de suelos limitantes o presencia de aguas duras. De esta manera, contribuye a mejorar el estado nutricional de las plantas, incrementando la calidad y el rendimiento de las cosechas.

Además, su aplicación es recomendada durante etapas de alta demanda nutricional, como el crecimiento vegetativo, la floración y la fructificación, donde favorece el amarre de frutos y el desarrollo uniforme del cultivo. Este fertilizante puede ser utilizado en una amplia

variedad de cultivos, incluyendo hortalizas, cereales, frutales y ornamentales, ajustando las dosis según el estado fenológico y las condiciones agronómicas.

En conjunto, Bayfolan® Forte constituye una herramienta eficiente dentro del manejo nutricional de cultivos, ya que optimiza la absorción de nutrientes, mejora la eficiencia fisiológica de las plantas y contribuye significativamente al incremento de la productividad en sistemas agrícolas intensivos.

4.2.6. Invernadero

(Durán et al., 2016) sostiene que el invernadero es una estructura cerrada compuesta por una estructura de soporte y una cubierta transparente o semitransparente, diseñada para crear, modificar y controlar un microambiente favorable para el desarrollo de los cultivos. Su finalidad principal es optimizar las condiciones de crecimiento de las plantas mediante el manejo de variables como temperatura, humedad, radiación solar y protección frente a factores climáticos adversos.

De acuerdo con la guía técnica, un invernadero está conformado por dos elementos fundamentales: la estructura, que actúa como el soporte o “esqueleto”, y la cubierta, que recubre dicha estructura y permite la regulación del ambiente interno.

4.2.6.1. Tipos de invernaderos según su forma

(Durán et al., 2016) indican que los invernaderos se clasifican principalmente según su forma estructural y los materiales empleados en su construcción. Entre los principales tipos se describen los siguientes:

Invernadero tipo túnel

Los invernaderos tipo túnel presentan una forma semicircular o cilíndrica, también conocidos como macro túneles y micro túneles.

- Macro túneles: contruidos generalmente con fierro de construcción, con un ancho aproximado de 2 a 3.5 m.

- Micro túneles: elaborados con tubos de PVC, con un ancho aproximado de 1 a 1.5 m.

Este tipo de invernadero se caracteriza por su forma arqueada, la cual permite una eficiente captación de la radiación solar y facilita el deslizamiento del agua de lluvia y del granizo. Sin embargo, presenta como limitación la dificultad para realizar labores culturales en los bordes debido a la reducida altura lateral.

Invernadero tipo capilla con doble caída

Este tipo de invernadero es ampliamente recomendado para zonas altoandinas, como la región Cusco, debido a su adecuada adaptación a condiciones climáticas variables.

Se caracteriza por presentar una estructura con doble pendiente del techo, formando dos naves yuxtapuestas que pueden ser simétricas o asimétricas. Una de sus principales ventajas es la mejor ventilación natural, especialmente a través de la cumbrera, lo que permite un mejor control de la temperatura interna del invernadero.

Invernadero tipo media agua (una sola caída)

El invernadero tipo media agua presenta una estructura con una sola pendiente del techo, orientada hacia un solo lado.

Se adapta especialmente a zonas de mayor altitud, con anchos que varían entre 3.5 y 5.5 m, dependiendo de la inclinación del terreno. Su diseño permite su construcción en zonas altoandinas, incluso utilizando materiales locales como paredes de adobe, lo que facilita su implementación en condiciones rurales.

Invernadero tipo trinchera

El invernadero tipo trinchera se caracteriza por ser una estructura parcialmente subterránea, donde el área de cultivo se encuentra a una profundidad aproximada de 80 cm y con un ancho cercano a 1 m.

Este tipo de invernadero es recomendado para zonas donde no exista riesgo de inundaciones o donde el nivel freático sea profundo. Es especialmente utilizado para la producción de almácigos y cultivos de ciclo corto, principalmente hortalizas de hoja, debido a su capacidad de conservar la temperatura del suelo.

4.2.6.2. Funciones de los invernaderos

(Durán et al., 2016) describen las funciones de los invernaderos en términos generales, los invernaderos cumplen la función de modificar y controlar el microclima del cultivo, permitiendo condiciones más estables y favorables para el desarrollo de las plantas. Entre sus principales funciones destacan:

- Mejor aprovechamiento de la radiación solar, especialmente en los invernaderos tipo túnel, cuya forma favorece la captación eficiente de la luz.
- Control del agua de lluvia y granizo, permitiendo una adecuada protección del cultivo frente a eventos climáticos extremos.
- Regulación de la ventilación y temperatura interna, destacándose los invernaderos tipo capilla por su sistema de ventilación cenital, que mejora el intercambio de aire.
- Adaptación a las condiciones locales, ya que su diseño varía según la altitud, clima y topografía, como en el caso de los invernaderos tipo capilla para zonas altoandinas y los tipos media agua para regiones de mayor altitud con materiales locales.

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Tipo de investigación

La investigación fue experimental, cuantitativo y aplicativo; donde se realizó un muestreo aleatorio.

5.2. Ubicación temporal del experimento

El lugar de investigación se ubicó en las instalaciones de la Unidad de Lombricultura del Centro de Investigación en Suelos y Abonos (CISA) de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

5.3. Ubicación de la investigación

a. Ubicación política

País	: Perú
Región	: Cusco
Provincia	: Cusco
Distrito	: San Jerónimo
Localidad	: Centro Agronómico K'ayra

b. Ubicación geográfica

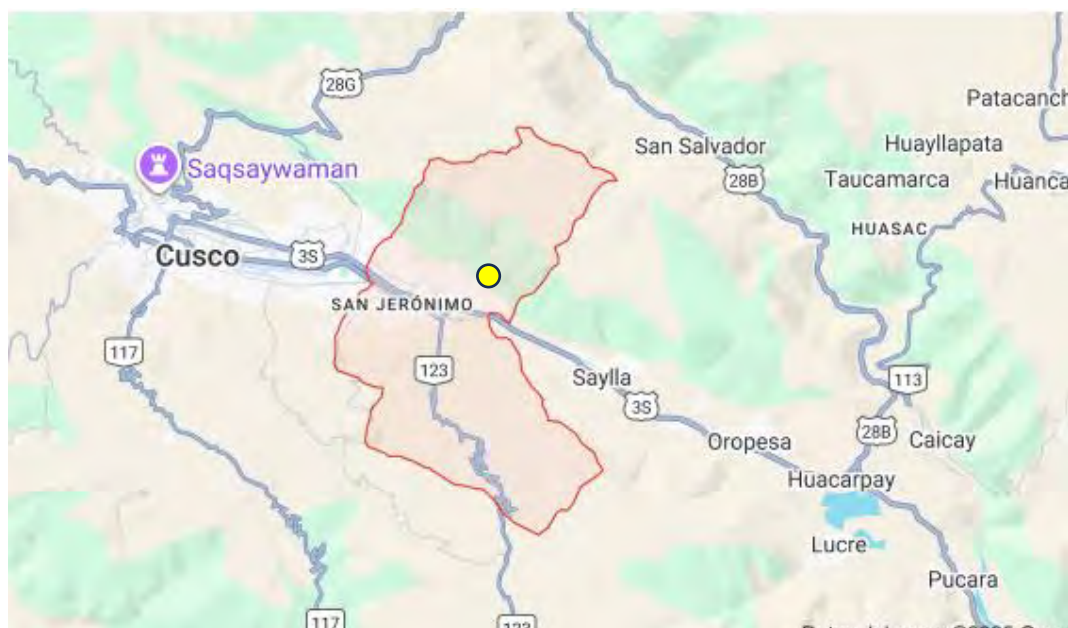
Altitud	: 3225 msnm.
Longitud	: 71°58'
Oeste Latitud	: 13°50' Sur

c. Ubicación hidrográfica

Cuenca	: Vilcanota
Subcuenca	: Huatanay
Microcuenca	: Huanacaure

Figura 9

Mapa del Distrito de San Jerónimo



Fuente. (Googlemap, 2025)

5.4. Materiales e insumos

5.4.1. Material biológico

- Se utilizó cilantro (*Coriandrum sativum* L.), variedad Santo, cuyas principales características son las siguientes:
- Color verde oscuro.
- Hojas anchas.
- Alta capacidad de amacollamiento.
- Uniformidad del cultivo debido a su elevada germinación.
- Tallo grueso y resistente al manipuleo.
- Posibilidad de realizar hasta dos cortes.
- Periodo de cosecha de 50–60 días en condiciones cálidas y 60–70 días en condiciones frías.
- Densidad de siembra de 30–40 kg·ha⁻¹.

- Adecuada para mercado nacional y de exportación.

5.4.2. Insumos agrícolas

- Solución nutritiva A (macronutrientes).
- Solución nutritiva B (micronutrientes).
- Abono foliar

5.4.3. Materiales de campo

- Tubos de PVC de 4”.
- Etiquetas de identificación.
- Germinadores (vasos descartables de 7 oz).
- Libreta de campo.
- Plástico agrícola (agrofilm).
- Depósitos para soluciones nutritivas y abono foliar.
- Soportes de cultivo para sistema hidropónico (vasos descartables de 4 oz).
- Soportes de plántulas (trozos de tela).

5.4.4. Herramientas

- Flexómetro (3 m, hoja metálica).
- Nivel de mano.
- Tijera.
- Alicata.

5.4.5. Equipos

Equipos de campo

- Cámara fotográfica.
- Balanza de precisión.
- Regla graduada.
- Termómetro ambiental.

- Temporizador.
- Electrobomba.

5.4.6. Equipos de gabinete

- Calculadora.
- Laptop.
- Impresora.
- Estufa.

5.5. Metodología

5.5.1. Diseño experimental

La investigación se desarrolló bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con un arreglo factorial 3×3 , correspondiente a dos factores en estudio: dosis de soluciones nutritivas (Factor A) y dosis de abono foliar (Factor B).

Se evaluaron 9 tratamientos, con 4 repeticiones (bloques), totalizando 36 unidades experimentales.

5.5.2. Modelo estadístico

El modelo lineal del Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial 3×3 se expresa como:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + A_j + B_k + (AB)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : variable respuesta observada

μ : media general del experimento

B_i : efecto del bloque i

A_j : efecto del factor A (soluciones nutritivas)

B_k : efecto del factor B (abono foliar)

(AB)jk: efecto de la interacción entre A y B

ε_{ijk} : error experimental aleatorio

5.5.3. Factores de estudio.

Factor A: Dosis de soluciones nutritivas (macro y micro nutrientes) en agua

- **A1:** $2.5 + 1.0 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ (soluciones nutritivas A y B, respectivamente)
- **A2:** $5.0 + 2.0 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ (soluciones nutritivas A y B, respectivamente)
- **A3:** $7.5 + 3.0 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ (soluciones nutritivas A y B, respectivamente)

Factor B: Dosis de Abono foliar (Bayfolan)

- **B1:** $0.0 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$
- **B2:** $7.5 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$
- **B3:** $8.5 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$

5.5.4. Tratamientos

Tabla 8

Dosis de soluciones nutritivas (Factor A):

Nivel	Descripción
A1	$2.5 + 1.0 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$
A2	$5.0 + 2.0 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$
A3	$7.5 + 3.0 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 9

Dosis de abono foliar (Factor B):

Nivel	Dosis ($\text{mL} \cdot \text{L}^{-1}$)
B1	0
B2	7.5
B3	8.5

Nota: Elaboración Propia

Tabla 10*Tratamientos evaluados*

Tratamientos	Factor A ($\text{mL} \cdot \text{L}^{-1}$)	Factor B ($\text{mL} \cdot \text{L}^{-1}$)
T1	2.5 + 1.0	0
T2	2.5 + 1.0	7.5
T3	2.5 + 1.0	8.5
T4	5.0 + 2.0	0
T5	5.0 + 2.0	7.5
T6	5.0 + 2.0	8.5
T7	7.5 + 3.0	0
T8	7.5 + 3.0	7.5
T9	7.5 + 3.0	8.5

Nota: 3 dosis de A×3 dosis de B=9 tratamientos**Tabla 11***Codificación de tratamientos*

Nº	Descripción	Clave
1	A1B1	A1B1
2	A1B2	A1B2
3	A1B3	A1B3
4	A2B1	A2B1
5	A2B2	A2B2
6	A2B3	A2B3
7	A3B1	A3B1
8	A3B2	A3B2
9	A3B3	A3B3

Nota: Codificación simplificada para análisis estadístico.

5.5.5. Repeticiones

El diseño experimental corresponde a un DBCA, donde cada bloque contiene la totalidad de los tratamientos. Se establecieron cuatro bloques, equivalentes a cuatro repeticiones.

Tabla 12*Bloques (Repeticiones)*

Bloque	Descripción
I	Repetición I (9 tratamientos)
II	Repetición II (9 tratamientos)
III	Repetición III (9 tratamientos)
IV	Repetición IV (9 tratamientos)

Tabla 13*Resumen de Tratamiento, Repeticiones y Bloques*

Elemento	Detalle
Tratamientos	9 combinaciones (3 soluciones A × 3 abonos B)
Repeticiones	4 (I, II, III, IV)
Bloques	4 (cada repetición es un bloque)
Total, UE	36 unidades experimentales

5.5.6. Variables e indicadores**5.5.6.1. Identificación de Variables por objetivo****Tabla 14***Variables, dimensiones e indicadores analizados para el primer objetivo*

Objetivo	Tipo de variable	Variable
Objetivo 1:	Independiente	Dosis de solución nutritiva
		Dosis de abono foliar
	Dependiente	Rendimiento del cultivo
Objetivo 2:	Independiente	Dosis de solución nutritiva
		Dosis de abono foliar
	Dependiente	Comportamiento agronómico

5.5.7. Operacionalización de variables

Tabla 15

Operacionalización de variables del estudio

Tipo	Variable	Dimensión	Indicador	Unidad de medida
Independiente	Dosis de solución nutritiva	Concentración de nutrientes	A1 (2.5 + 1.0 mL·L ⁻¹), A2 (5.0 + 2.0 mL·L ⁻¹), A3 (7.5 + 3.0 mL·L ⁻¹)	mL·L ⁻¹
	Dosis de abono foliar	Concentración de nutrientes	B1 (0.0), B2 (7.5), B3 (8.5)	mL·L ⁻¹
Independiente (control)	Frecuencia de aplicación	Intervalo temporal	Número de aplicaciones quincenales	veces.quincena
Dependiente	Rendimiento del cultivo de cilantro	Follaje	Peso fresco del follaje	g
			Peso seco del follaje	g
		Raíz	Peso fresco de la raíz	g
			Peso seco de la raíz	g
		Raíz	Longitud de la raíz	cm

5.5.8. Descripción de medición de variables

La longitud de la raíz se evaluó al final del ensayo, expresándose en centímetros (cm), y se midió desde el cuello de la planta hasta el ápice de la raíz.

La altura de planta se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la planta.

El peso fresco fue determinado inmediatamente después de la cosecha, mientras que el peso seco se obtuvo luego del secado en estufa hasta alcanzar peso constante.

5.5.9. Características del campo experimental

Tabla 16

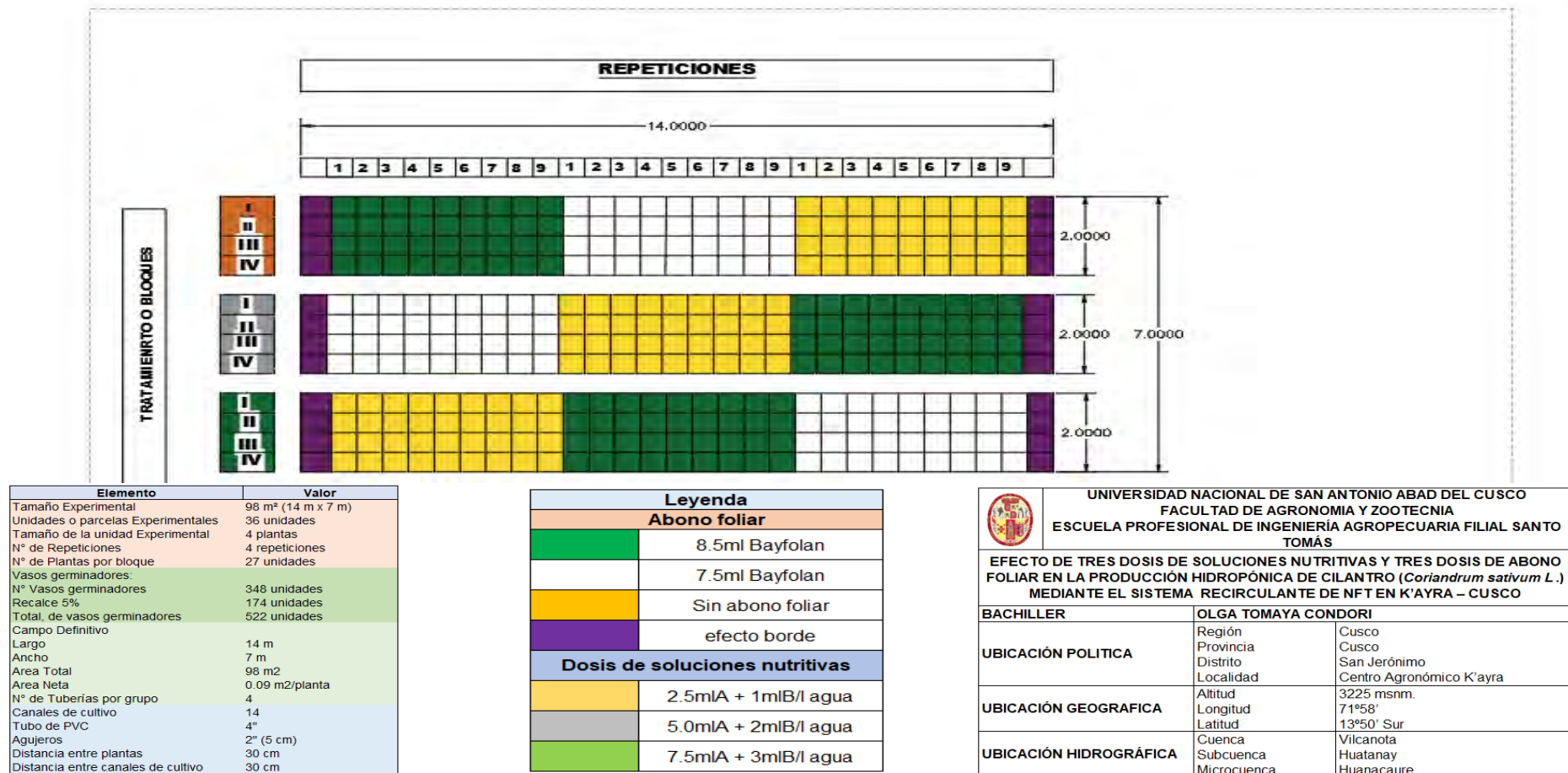
Características del campo experimental

Sistema hidropónico	Cantidad. Unidades
Número de plantas instaladas (germinadores en vasos descartables de 7 oz)	348 plantas evaluadas
Recalce (5 % de reposición)	18 plántulas repuestas
Total de semillas germinadas (vasos descartables de 7 oz)	522 unidades
Área del módulo hidropónico (campo definitivo)	
Largo	14.0 m por bloque
Ancho	7.0 m del área experimental
Área total	98.0 m ²
Área neta	0.09 m ² . planta
Número de tuberías por bloque	4 unidades

Nota. Elaboración propia.

Figura 10

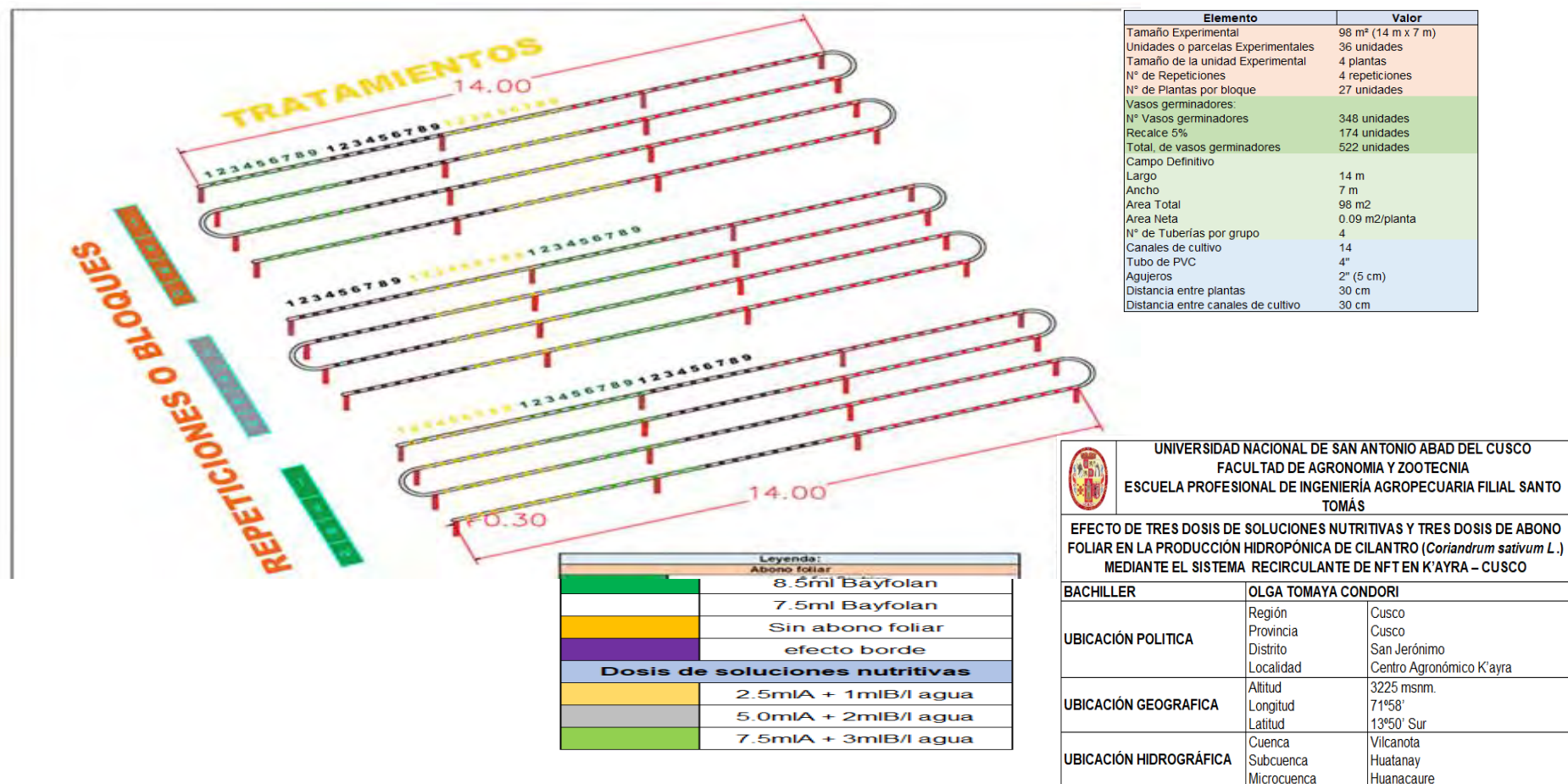
Croquis de distribución de parcelas experimentales.



Nota: elaboración propia.

Figura 11

Plano de distribución de parcelas experimentales.



Nota: Elaboración propia.

5.5.10. Población y Muestra

- **Población:** Plantas de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) cultivadas bajo condiciones de hidroponía NFT en fitotoldo del Centro Agronómico K'ayra Cusco.
- **Muestra:** 36 unidades experimentales distribuidas aleatoriamente en bloques. Cada unidad contiene un número uniforme de plantas por canal NFT.

5.5.11. Conducción de la investigación

5.5.11.1. Refacción de invernadero

Se refaccionó un fitotoldo con palos rollizos de eucalipto y techado con plástico agro film, siendo la altura del techo de 2.50 a 3.00 m. Lo que ha favorecido dar condiciones ambientales uniformes al campo experimental.

5.5.11.2. Manejo del cultivo

En el presente trabajo de investigación se utilizó la variedad de cilantro Santo (también conocido como cilantro californiano), debido a su excelente adaptabilidad a las condiciones agroclimáticas de altura propias de la región andina. Esta variedad presenta una alta resistencia al espigado, lo que permite obtener un mayor rendimiento en la cosecha de hojas, incluso en climas fríos o con variaciones térmicas. Este cultivo tiene un importante valor económico y gastronómico local, es muy utilizado en la cocina cusqueña. Estas características lo convierten en una opción estratégica para promover la agricultura sostenible y el desarrollo rural en comunidades altoandinas.

Entre las variedades de cilantro disponibles en el mercado se encuentran: Cilantro Long Standing, Cilantro Santo y el sachá culantro.

Para la instalación del experimento se procedió con las siguientes actividades:

5.5.11.3. Almacigado a raíz cubierta:

El almacigado de semillas de cilantro se realizó en vasitos descartables de Tecnopor de la capacidad de 200 cc, rellena con turba vegetal y humedecida a capacidad de campo;

los mismos que estuvieron ubicados dentro del mismo fitotoldo. Las semillas de cilantro fueron adquiridas de la tienda agro veterinaria de la ciudad del Cusco, obteniendo una viabilidad en la germinación de la planta un 95%.

Figura 12

Siembra de semillas de cilantro en vasos descartables con sustrato para la fase de germinación



Nota. La figura muestra el proceso de siembra de semillas de cilantro en vasos descartables de 7 oz con sustrato, utilizados como germinadores en la etapa inicial del cultivo hidropónico, garantizando condiciones adecuadas de humedad y emergencia uniforme de plántulas. Elaboración propia.

5.5.11.4. Lavado de tuberías de PVC:

Las tuberías de PVC ya instaladas, se llenaron con agua limpia mezcladas con Hipoclorito de sodio, con el objeto de realizar el lavado de la superficie interna de los tubos, utilizando isopos de tela sujetos por una cuerda o soguilla de nylon.

5.5.11.5. Nivelado de tuberías de PVC:

Todas las tuberías sujetadas sobre unos caballetes de madera, se nivelaron a fin de que queden a la misma altura, es decir, en pendiente 0. Asimismo, se calibraron los motores

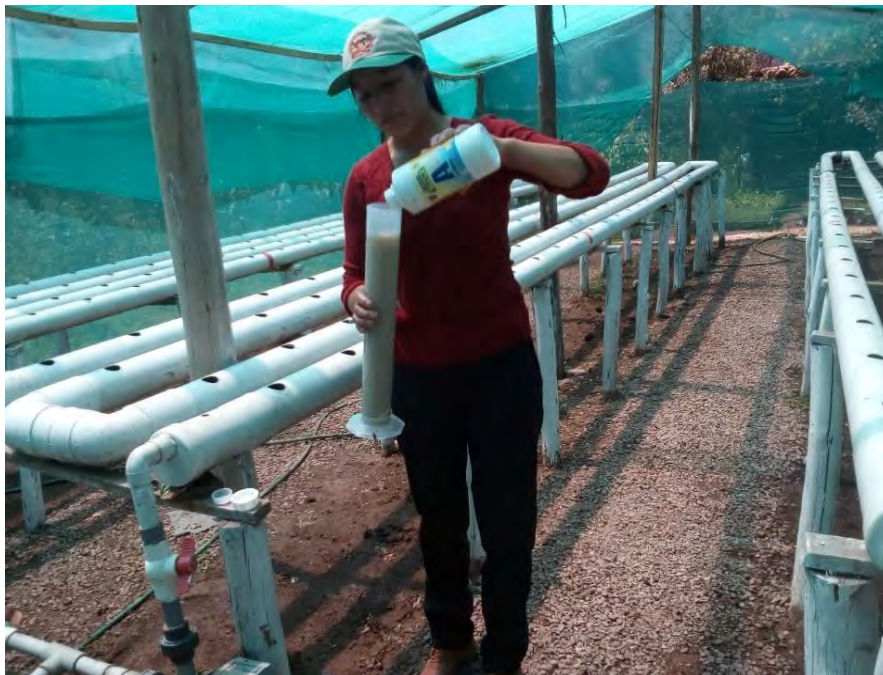
(0.5 HP) hasta que la velocidad de circulación del sustrato agua muestre uniformidad a lo largo del recorrido dentro de las tuberías.

5.5.11.6. Incorporación y mezcla de solución nutritiva:

Sobre el agua limpia en circulación, se agregaron las dosis de las soluciones nutritivas *La Molina* con macro y micronutrientes.

Figura 13

Preparación de la solución nutritiva para el sistema hidropónico



Nota. La figura muestra el proceso de preparación de la solución nutritiva mediante la disolución de sales minerales en agua, ajustando la concentración de nutrientes de acuerdo con los tratamientos experimentales, como etapa previa a su aplicación en el sistema hidropónico. Elaboración propia.

Figura 14

Recalce de plántulas de cilantro (Coriandrum sativum L.) en el sistema hidropónico



Nota. La figura muestra el proceso de recalce o reposición de plántulas de cilantro en el sistema hidropónico, realizado para sustituir aquellas plantas que no lograron un adecuado establecimiento, con la finalidad de mantener la uniformidad del experimento y la densidad poblacional establecida. Elaboración propia.

5.5.11.7. Trasplante:

Cuando las plántulas de cilantro alcanzaron entre 4 y 6 cm de altura, se retiraron del vaso germinador, para luego ser lavadas las raíces con agua limpia y luego se envolvieron con una tira de esponja de tela de 30 cm de largo x 3 cm de ancho, e inmediatamente de colocaron dentro de otro vasito de plástico descartable abierto en su base. Todo ello con la finalidad de dar soporte a las plantitas dentro de las tuberías hidropónicas con agua en movimiento

Figura 15

Plántula de cilantro (Coriandrum sativum L.) después del trasplante al sistema hidropónico



Nota. La figura muestra una plántula de cilantro posterior al trasplante al sistema hidropónico, evidenciando su establecimiento inicial en el módulo de cultivo, etapa clave para el desarrollo vegetativo bajo condiciones controladas de nutrición y riego. Elaboración propia.

5.5.11.8. Adición de agua con soluciones nutritivas:

A medida que iba disminuyendo el nivel de agua con solución nutritiva en las tuberías, se agregaron las dosis correspondientes previamente preparadas en los tanques o depósitos ubicados para este fin.

Figura 16

Preparación de las soluciones nutritivas A y B, para el sistema hidropónico



Nota. La figura muestra las soluciones nutritivas concentradas A y B del formulado “La Molina”, empleadas para la preparación de la solución nutritiva final, las cuales se diluyen en agua de acuerdo con las dosis establecidas en los tratamientos experimentales del cultivo hidropónico de cilantro. Elaboración propia.

5.5.11.9. Aplicación de abono foliar:

Según las dosis de abono foliar previstas en los respectivos tratamientos, se aplicó este abono foliar al follaje y en forma separada, cada 15 días hasta antes de la cosecha del follaje de cilantro a la madurez comercial. Para la pulverización del abono foliar se utilizó un pequeño aspersor manual con boquilla fina los tratamientos que se utilizaron son los mostrados en el siguiente Tabla 17.

Tabla 17

Orden de mérito de los tratamientos en el rendimiento del cultivo de cilantro

Orden de Mérito	Tratamiento	Factor A: Macronutrientes (Sol. A + Sol. B) ($\text{mL} \cdot \text{L}^{-1}$)	Factor B: Abono Foliar ($\text{mL} \cdot \text{L}^{-1}$)
1.º	T9	7.5 + 3.0	8.5
2.º	T8	7.5 + 3.0	7.5
3.º	T7	7.5 + 3.0	0
4.º	T6	5.0 + 2.0	8.5
5.º	T5	5.0 + 2.0	7.5
6.º	T4	5.0 + 2.0	0
7.º	T3	2.5 + 1.0	8.5
8.º	T2	2.5 + 1.0	7.5
9.º	T1	2.5 + 1.0	0

Fuente. Datos del proceso experimental

5.5.12. Evaluación de variables

Cuando alcanzaron al estado de madurez comercial de la parte aérea del cultivo de cilantro (alcanzando el estado de madurez de follaje, semilla vegetativa en 3 meses), se realizaron la evaluación de las variables, cosechando todas plantas y luego se obtuvieron los promedios, tal como se describen a continuación.

5.5.13. Rendimiento

- **Peso fresco del follaje:** Cuando la parte aérea del cilantro (follaje) mostraba estado fenológico de madurez comercial, se cortaron con un cúter las raíces de la planta. Luego, se pesaron el follaje en una balanza de platillo en gramos y convertidos en $\text{Kg} \cdot \text{m}^{-2}$, los que sirvieron para los cálculos estadísticos.

Figura 17

Medición del peso fresco del follaje de cilantro durante la evaluación experimental



Nota. La figura muestra el procedimiento de pesaje del follaje fresco de plantas de cilantro mediante una balanza digital, inmediatamente después de la cosecha, como indicador del rendimiento del cultivo bajo diferentes dosis de solución nutritiva y abono foliar en el sistema hidropónico. Elaboración propia.

Peso seco del follaje: También se tomaron muestras del follaje que fueron colocados en estufa a 105°C por 24 horas, después se pesaron en una balanza para obtener resultados en gramos y convertidos en Kg.m^{-2} .

Peso fresco de raíz: También se pesaron las raíces en una balanza en gramos, los que se utilizaron para el análisis estadístico.

Peso seco de raíz: Se tomaron muestras de raíz para llevar a una estufa, donde después de secar a 105°C por 24 horas se pesaron en una balanza para obtener resultados en gramos.

Figura 18

Medición del peso fresco de la raíz de cilantro durante la evaluación experimental



Nota. La figura muestra el procedimiento de pesaje de la raíz fresca de plantas de cilantro mediante una balanza digital, después de la cosecha y previo lavado para eliminar residuos del sistema hidropónico, como indicador del desarrollo radicular bajo diferentes dosis de solución nutritiva y abono foliar. Elaboración propia.

5.5.14. Comportamiento agronómico

- **Altura de planta:** Con la ayuda de una regla graduada se midió la altura de planta en centímetro, desde la parte superficial del tubo hidropónico hasta el ápice más largo de las hojas, los que sirvieron para los análisis estadísticos.

Figura 19

Medición de la altura de planta durante la evaluación del proceso de investigación



Nota. La figura muestra el procedimiento de medición de la altura de plantas de cilantro en el sistema hidropónico, utilizando una regla graduada desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, como parte de la evaluación del crecimiento vegetativo. Elaboración propia.

VI.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.6. Resultados de la evaluación del peso fresco del follaje (Kg.m²)

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro de Investigación en Suelos y Abonos (CISA), Laboratorio Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía y Zootecnia, UNSAAC-K'AYRA. se empleó la variedad de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) 'Santo', evaluando su desempeño en dos aspectos principales: (1) rendimiento del cultivo y (2) comportamiento agronómico.

En cuanto al rendimiento, se analizaron las siguientes variables:

Follaje: peso fresco y peso seco del follaje (Kg.m²)

Raíz: peso fresco y peso seco de la raíz (Kg.m²)

Respecto al comportamiento agronómico del cultivo, se consideraron:

- **Altura de la planta:** medida desde la base hasta el ápice, expresada en centímetros (cm).
- **Longitud de la raíz:** medida desde el cuello hasta la punta, también en centímetros (cm).

Los resultados obtenidos para cada una de estas variables se detallan a continuación.

Tabla 18*Peso fresco del follaje (Kg.m²)*

Dosis	2.5mLA+1mLB·L ⁻¹ agua			5.0mLA+2mLB·L ⁻¹ agua			7.5 mL+3mLB·L ⁻¹ agua			Total
		7.5	mL8.5mL		7.5	mL8.5mL	0.0mL Bayfolan	7.5	mL8.5mL	
Repet.	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	Bayfolan ·L ⁻¹ agua	Bayfolan ·L ⁻¹ agua	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	Bayfolan ·L ⁻¹ agua	Bayfolan ·L ⁻¹ agua	·L ⁻¹ agua	Bayfolan ·L ⁻¹ agua	Bayfolan ·L ⁻¹ agua	
I	2.60	2.70	2.90	3.00	3.20	3.60	4.00	4.10	4.20	30.30
II	2.50	2.65	2.80	3.10	3.10	3.70	3.90	4.20	4.10	30.05
III	2.50	2.80	2.70	3.00	3.20	3.65	4.10	3.90	4.20	30.05
IV	2.40	2.60	2.95	2.90	3.00	3.70	3.95	3.95	4.25	29.70
Suma	10.00	10.75	11.35	12.00	12.50	14.65	15.95	16.15	16.75	120.10
Promedio	2.50	2.69	2.84	3.00	3.13	3.66	3.99	4.04	4.19	3.34
Dosis Sol.	2.5mLA+1mLB·L ⁻¹ agua			5.0mLA+2mLB·L ⁻¹ agua			7.5 mL+3mLB·L ⁻¹ agua			
Nutrit.	Suma =	32.10		Suma =	39.15		Suma =	48.85		120.10
	Promedio =	2.68		Promedio =	3.26		Promedio =	4.07		3.34
Dosis	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua			7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua			8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua			
Abono foliar	Suma =	37.95		Suma =	39.40		Suma =	42.75		120.10
	Promedio =	3.16		Promedio =	3.28		Promedio =	3.56		3.34

Nota: Elaboración propia.

Tabla 19*ANOVA para Peso fresco del follaje (Kg.m²)*

F de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%	1%	Signif.
Bloques	3	0.0203	0.0068	0.7973	0.07100	0.02400	NS. NS.
Tratamientos	8	13.0943	1.6368	193.0628	2.36000	3.36000	**
D. Sol. Nutr. (Mm)	2	11.7876	5.8938	695.1891	3.40000	5.61000	**
D. Abono foliar (Af)	2	1.0101	0.5051	59.5741	3.40000	5.61000	**
Interacción Mm * Af	4	0.2965	0.0741	8.7440	2.78000	4.22000	**
Error	24	0.2035	0.0085				
Total	35	13.3181	CV =	2.76%			

Nota: Elaboración propia

Al analizar la Tabla18 y Tabla 19 ANOVA para peso fresco del follaje, se deduce que estadísticamente no existen diferencias estadísticas significativas entre bloques, confirmando que la distribución de repeticiones dentro del campo experimental fue homogénea. El coeficiente de variabilidad de 2.76% indica que los resultados evaluados muestran confiabilidad. Existe diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, dosis de soluciones nutritivas (Macro y micronutrientes), dosis de abono foliar (Bayfolan) e interacción dosis de soluciones nutritivas por dosis de abono foliar.

El análisis de varianza (ANOVA) para el peso fresco del follaje evidenció diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$) tanto para los tratamientos generales como para los efectos principales: dosis de solución nutritiva y dosis de abono foliar Bayfolan, así como para su interacción (Mm $\times$ Af).

- **Solución nutritiva:** La dosis de 7.5 mL + 3 mL·L⁻¹ de agua produjo el mayor valor promedio de peso fresco del follaje (4.07 Kg.m²), seguida de la dosis intermedia de 5.0mLA+2mLB·L⁻¹ agua (3.26 Kg.m²) y la dosis más baja 2.5mLA+1mLB·L⁻¹ agua (2.68 Kg.m²). Esto sugiere que un mayor suministro de nutrientes esenciales favorece una mayor biomasa vegetal aérea.

- **Abono foliar Bayfolan:** La dosis de $8.5 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ de agua generó el mayor peso promedio ($3.56 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$), mientras que la dosis intermedia $7.5 \text{ mL Bayfolan} \cdot \text{L}^{-1}$ agua y la dosis $0.0 \text{ mL Bayfolan} \cdot \text{L}^{-1}$ agua mostraron rendimientos menores ($3.28 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$ y $3.16 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$ respectivamente), lo cual indica una respuesta positiva del cilantro a la fertilización foliar.
- **Interacción significativa:** La interacción entre dosis de solución nutritiva y de abono foliar también fue significativa ($p < 0.01$), con el mayor valor individual registrado ($4.22 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$) en la combinación de $7.5 \text{ mL A} + 3 \text{ mL B} \cdot \text{L}^{-1}$ de solución nutritiva con $8.5 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ de Bayfolan, lo que evidencia un efecto sinérgico entre ambos factores.

El coeficiente de variación (CV) fue 2.76%, lo cual indica una alta precisión experimental y poca variabilidad entre repeticiones.

Tabla 20

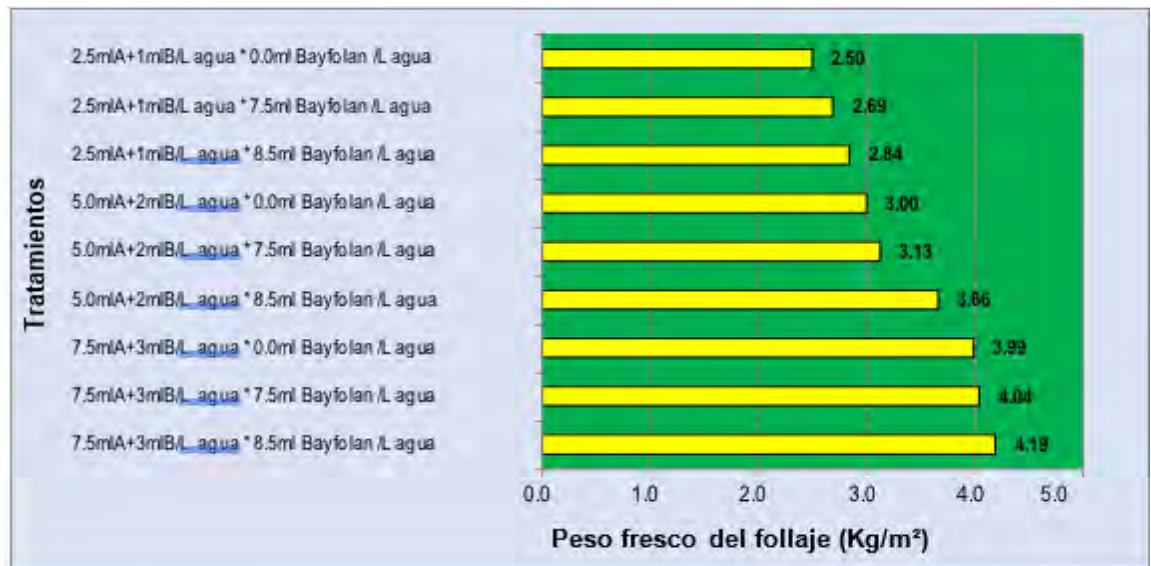
Prueba Tukey de tratamientos para Peso fresco del follaje ($\text{Kg} \cdot \text{m}^2$)

Orden de Merito		Tratamientos		Peso fresco del follaje ($\text{Kg} \cdot \text{m}^2$)		Significación	
						5%	1%
I		$7.5 \text{ mL A} + 3 \text{ mL B} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{agua} * 8.5 \text{ mL abono foliar} \cdot \text{L}^{-1}$	4.19		A	a
II		$7.5 \text{ mL A} + 3 \text{ mL B} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{agua} * 7.5 \text{ mL abono foliar} \cdot \text{L}^{-1}$	4.04		A	a
III		$7.5 \text{ mL A} + 3 \text{ mL B} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{agua} * 0.0 \text{ mL abono foliar} \cdot \text{L}^{-1}$	3.99		A	a
IV		$5.0 \text{ mL A} + 2 \text{ mL B} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{agua} * 8.5 \text{ mL abono foliar} \cdot \text{L}^{-1}$	3.66		b	B
V		$5.0 \text{ mL A} + 2 \text{ mL B} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{agua} * 7.5 \text{ mL abono foliar} \cdot \text{L}^{-1}$	3.13		C	c
VI		$5.0 \text{ mL A} + 2 \text{ mL B} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{agua} * 0.0 \text{ mL abono foliar} \cdot \text{L}^{-1}$	3		c d	c d
VII		$2.5 \text{ mL A} + 1 \text{ mL B} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{agua} * 8.5 \text{ mL abono foliar} \cdot \text{L}^{-1}$	2.84		d e	d e
VIII		$2.5 \text{ mL A} + 1 \text{ mL B} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{agua} * 7.5 \text{ mL abono foliar} \cdot \text{L}^{-1}$	2.69		e f	e f
IX		$2.5 \text{ mL A} + 1 \text{ mL B} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{agua} * 0.0 \text{ mL abono foliar} \cdot \text{L}^{-1}$	2.5		F	f

Nota: Elaboración Propia

Figura 20

Peso fresco del follaje (Kg.m²) para Tratamientos



Nota: Elaboración Propia

De la Tabla 20, e Figura 20, de la prueba de Tukey al 5 % y 1 % de significancia se discrimina estadísticamente los tratamientos aplicados. Los tratamientos I, II y III, que recibieron la mayor dosis de solución nutritiva (7.5 mL A + 3 mL B por litro de agua), mostraron los mayores valores de peso fresco del follaje (4.19, 4.04 y 3.99 kg.m², respectivamente), agrupándose en la misma letra estadística "a", lo que indica que no difieren significativamente entre ellos, pero sí presentan diferencias altamente significativas respecto a los demás tratamientos.

En contraste, los tratamientos con dosis intermedias y bajas de solución nutritiva, como el V (3.13 kg.m²), VI (3.00 kg.m²), VII (2.84 kg.m²), VIII (2.69 kg.m²) y IX (2.50 kg.m²), mostraron rendimientos significativamente menores, situándose en grupos estadísticos distintos, lo cual evidencia el efecto positivo de una mayor concentración de nutrientes en el sistema hidropónico NFT.

Estos resultados confirman que el rendimiento del follaje de cilantro se ve favorecido con el uso de una mayor dosis de solución nutritiva, especialmente cuando se combina con

una dosis moderada o alta de abono foliar Bayfolan, optimizando así el crecimiento y la biomasa del cultivo.

Si bien la aplicación foliar de abono foliar se consideró dentro del diseño, los resultados muestran que la dosis de solución nutritiva base (A y B) tuvo un mayor impacto sobre el crecimiento del follaje que el abono foliar en sí. Es decir, la presencia de macro y micronutrientes en el sistema radicular resultó decisiva, lo que se alinea con el principio hidropónico de absorción óptima de nutrientes vía solución nutritiva.

Estos hallazgos son comparables con los obtenidos por Cajo Curay (2021) en su tesis titulada "Producción hidropónica de tres variedades de lechuga bajo el sistema NFT con tres soluciones nutritivas", donde también se concluye que la composición y concentración de la solución nutritiva fue el principal determinante del peso fresco, más allá de la variedad empleada. En ambos estudios, se evidencia que un adecuado balance de nutrientes en el flujo laminar del sistema NFT mejora significativamente el desarrollo vegetativo, lo que es crucial para cultivos de hoja como la lechuga o el cilantro.

A diferencia del presente trabajo, el estudio de Cajo Curay no consideró el uso de bioestimulantes o abonos foliares como el Bayfolan, por lo que no pudo evaluarse la interacción entre nutrición radicular y foliar. No obstante, los resultados actuales permiten afirmar que la concentración de la solución nutritiva fue más influyente que el fertilizante foliar en el incremento del peso fresco, lo cual puede deberse a la eficiencia de absorción por la raíz en un sistema NFT adecuadamente operado.

Desde una perspectiva de desarrollo rural y seguridad alimentaria, estos resultados refuerzan la pertinencia de implementar cultivos hidropónicos con fórmulas nutritivas optimizadas, especialmente en zonas con limitaciones edafológicas o climáticas, donde la hidroponía representa una alternativa sostenible de producción hortícola intensiva.

Tabla 21

Prueba Tukey de Dosis Soluciones Nutritivas para Peso fresco del follaje (Kg.m²)

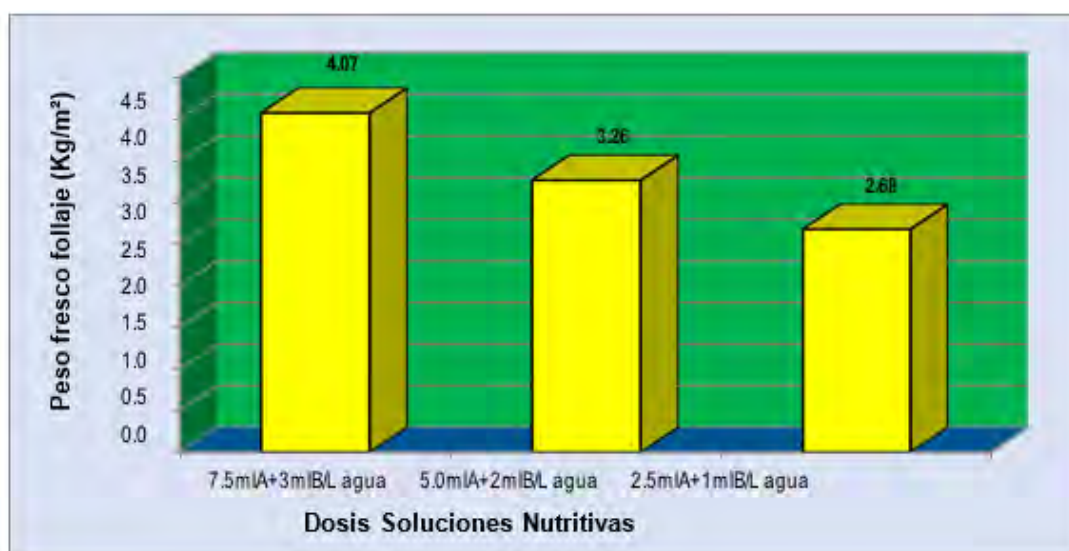
ALS (5%) = 0.09 ALS (1%) = 0.12

Orden de Merito	Tratamientos	Peso fresco del follaje (Kg.m ²)	Significación	
			5%	1%
I	7.5 mL A+3 mL B·L ⁻¹ agua	4.07	a	a
II	5.0 mL A+2 mL B·L ⁻¹ agua	3.26	b	b
III	2.5 mL A+1 mL B·L ⁻¹ agua	2.68	c	c

Nota: Elaboración Propia

Figura 21

Peso fresco del follaje (Kg.m²) para Dosis Soluciones Nutritivas



Nota: Elaboración propia

Al analizar la Tabla 21 y analizar la Figura 21 de Prueba de Tukey de dosis de soluciones nutritivas (macro micronutrientes) para peso fresco del follaje se deduce que, la dosis 7.5 mL A+3 mL B·L⁻¹ agua, con 4.07 Kg.m⁻² fue superior a las demás dosis, siendo la dosis de 2.5 mL A+1 mL B·L⁻¹ agua con 2.68 Kg.m⁻² que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe la alta concentración de macro y micronutrientes de las soluciones hidropónicas La Molina.

Tabla 22

Prueba Tukey de Dosis Abono foliar para Peso fresco del follaje (Kg.m²)

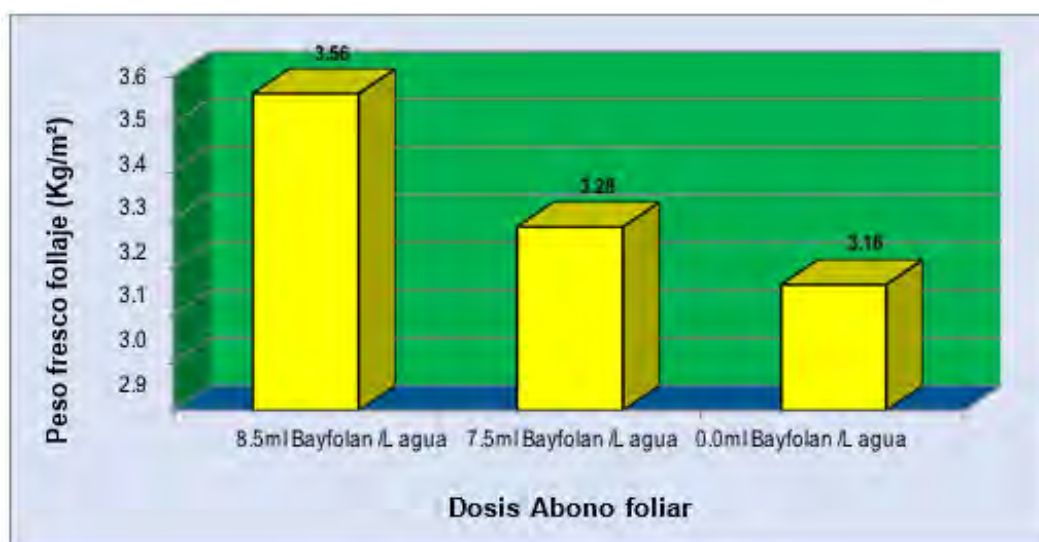
ALS (5%) = 0.09 ALS (1%) = 0.12

Orden de Merito	Tratamientos	Peso fresco del follaje (Kg.m ²)	Significación	
			5%	1%
I	8.5mL abono foliar ·L ⁻¹ agua	3.56	a	a
II	7.5 mL abono foliar ·L ⁻¹ agua	3.28	b	b
III	0.0mL abono foliar ·L ⁻¹ agua	3.16	c	b

Nota: Elaboración propia

Figura 22

Peso fresco del follaje (Kg.m²) para Dosis Abono foliar



Nota: Elaboración propia

Al analizar la Tabla 22 y observando la Figura 22 de Prueba de Tukey de dosis abono foliar para peso fresco del follaje se deduce que, la dosis 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan, con 3.56 Kg.m⁻² fue superior a las demás dosis, siendo las dosis de 7.5 y 00 mL Bayfolan·L⁻¹ agua con 3.28 y 3.16 Kg.m⁻² respectivamente que ocuparon los últimos lugares. Esta superioridad se debe de alguna manera al contenido de elementos nutritivos del insumo llamado Bayfolan.

Tabla 23*Ordenamiento interacción Dosis Solución Nutritiva** Dosis Abono foliar para Peso fresco del follaje (Kg.m²)

Dosis foliar	Abono	D.Sol. Macro-micro	2.5mLA+1mLB·L ⁻¹ agua	5.0mLA+2mLB·L ⁻¹ agua	7.5 mLA+3mLB·L ⁻¹ agua	Total
0.0mL foliar ·L ⁻¹ agua	abono	Suma	10	12	15.95	37.95
		Prom.	2.5	3	3.99	
7.5 mL foliar ·L ⁻¹ agua	abono	Suma	10.75	12.5	16.15	39.4
		Prom.	2.69	3.13	4.04	
8.5mL foliar ·L ⁻¹ agua	abono	Suma	11.35	14.65	16.75	42.75
		Prom.	2.84	3.66	4.19	
			32.10	39.15	48.85	120.1

Nota: Elaboración Propia.**Tabla 24***ANOVA auxiliar para interacción Dosis Solución Nutritiva** Dosis Abono foliar para Peso fresco follaje (Kg.m²)

F. de V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc.	Ft.		Grado de Signif.
					5%	1%	
0.0mL A.f. * DosisMm	02	4.5837	2.2919	270.3317	3.4000	5.6100	**
7.5 mL A.f. * DosisMm	02	3.7954	1.8977	223.8389	3.4000	5.6100	**
8.5mL A.f. * DosisMm	02	3.7050	1.8525	218.5065	3.4000	5.6100	**
Error	24	0.2035	0.0085				

Nota: Elaboración propia

De la Tabla 23, se tiene que al analizar la Tabla 24 de ANOVA auxiliar para la interacción dosis Solución Nutritiva por dosis Abono Foliar para peso fresco de follaje se

deduce que, entre todas las interacciones existe estadísticamente diferencias altamente significativas.

Tabla 25

Prueba Tukey 0.0mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Peso fresco del follaje (Kg.m²)

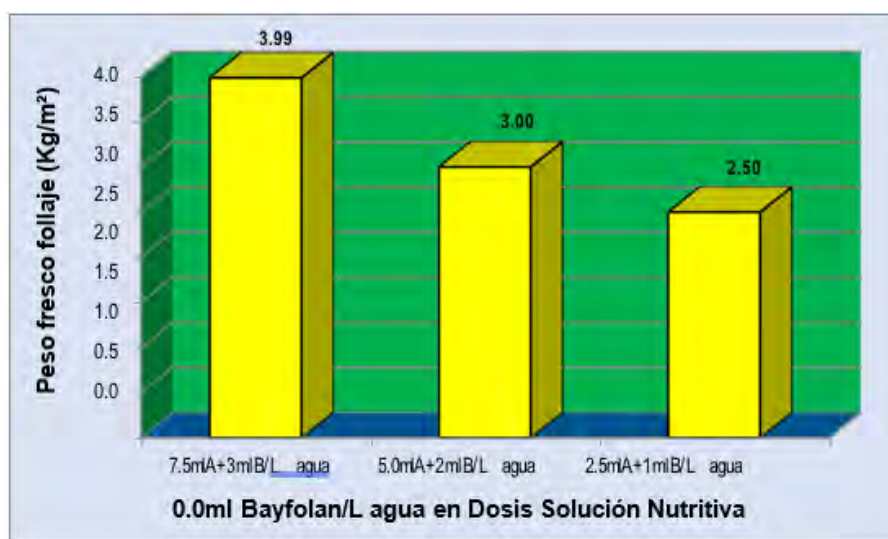
ALS (5%) = 0.16 ALS (1%) = 0.21

Orden de Mérito	0.0mL abono foliar ·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva	Peso fresco del follaje (Kg.m ²)	Significación 5%	Significación 1%
I	7.5 mL A+3mL B·L ⁻¹ agua	3.99	a	a
II	5.0mL A+2mL B·L ⁻¹ agua	3.00	b	b
III	2.5mL A+1mL B·L ⁻¹ agua	2.50	c	c

Nota: Elaboración propia.

Figura 23

Peso fresco del follaje (Kg.m²) para 0.0mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva



Nota: Elaboración propia

Al analizar la Tabla 25 y observando la Figura 23 de Prueba de Tukey de dosis 0.0 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en dosis de solución nutritiva para peso fresco del follaje se deduce que, la dosis 7.5 mL A+3mL B·L⁻¹ agua, con 3.99 Kg.m⁻² fue superior a las demás dosis, siendo las dosis de 2.5 mL A + 1 mL B·L⁻¹ agua con 2.50 Kg.m⁻² que ocupó el último lugar.

Esta superioridad se debe a la alta concentración de elementos nutritivos propuestos en la solución hidropónica La Molina.

Tabla 26

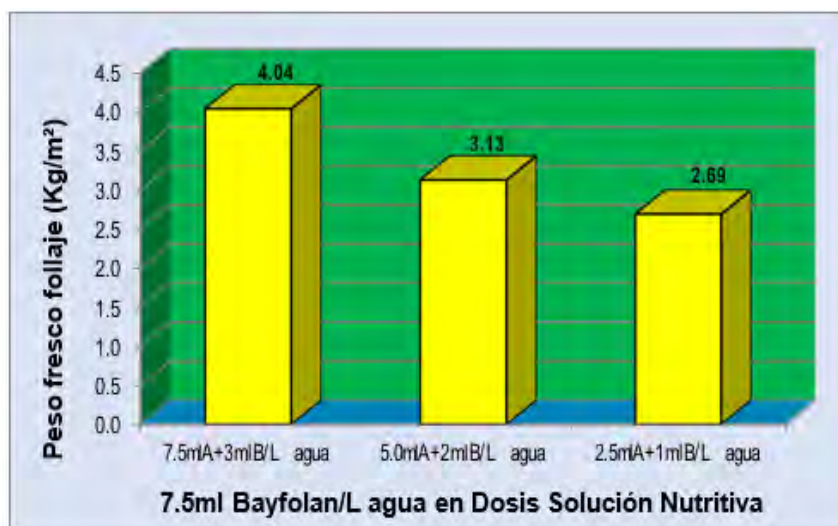
Prueba Tukey 7.5 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Peso fresco del follaje (Kg.m²)

ALS(5%)= 0.16		ALS (1%)= 0.21	
Orden de Mérito	7.5 mL abono foliar ·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva	Peso fresco del follaje (Kg.m ²)	Significación
I	7.5 mL A+3mL B·L ⁻¹ agua	4.04	a
II	5.0mL A+2mL B·L ⁻¹ agua	3.13	a
III	2.5mL A+1mL B·L ⁻¹ agua	2.69	b

Nota: Elaboración propia

Figura 24

Peso fresco del follaje (Kg.m²) para 7.5 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva



Nota: Elaboración propia

Al interpretar la Tabla 26, Figura 24 de Prueba de Tukey de dosis 7.5 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en dosis de solución nutritiva para peso fresco del follaje se deduce que, la dosis 7.5 mL A+3 mL B·L⁻¹ agua y 5 mL A+2 mL B·L⁻¹ agua, con 4.04 y 3.13 Kg.m⁻² respectivamente fueron superiores a la dosis de 2.5 mL A + 1 mL B·L⁻¹ agua con 2.69 Kg.m⁻²

que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la alta concentración de elementos nutritivos propuesto y recomendada en la solución hidropónica La Molina.

Tabla 27

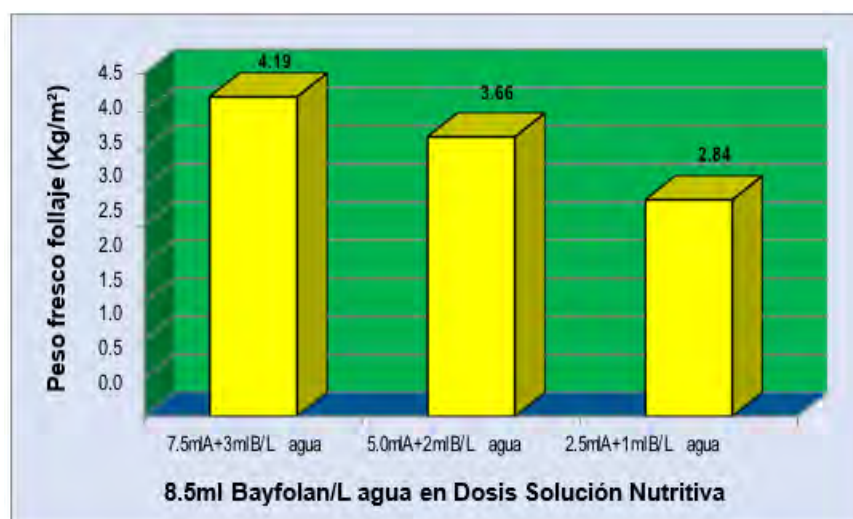
Prueba Tukey 8.5mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Peso fresco del follaje (Kg.m²)

Orden de Mérito	8.5mL abono foliar·L ⁻¹ Agua en solución nutritiva	ALS(5%) = 0.16	ALS (1%) = 0.21	Significación	
				5%	1%
I	7.5 mL A+3mL B·L ⁻¹ agua	4.19		a	a
II	5.0mL A+2mL B·L ⁻¹ agua	3.66		b	a b
III	2.5mL A+1mL B·L ⁻¹ agua	2.84		b	b

Nota: Elaboración propia

Figura 25

Peso fresco del follaje (Kg.m²) para 8.5mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva



Nota: Elaboración propia

Al analizar la Tabla 27 e Figura 25 de Prueba de Tukey de dosis $8.5 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ de Bayfolan en dosis de solución nutritiva para peso fresco del follaje se deduce que, la dosis $7.5 \text{ mL A} + 3 \text{ mL B} \cdot \text{L}^{-1}$ agua y $5 \text{ mL A} + 2 \text{ mL B} \cdot \text{L}^{-1}$ agua, con 4.19 y $3.66 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-2}$ respectivamente fueron superiores a la dosis de $2.5 \text{ mL A} + 1 \text{ mL B} \cdot \text{L}^{-1}$ agua con $2.84 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-2}$ que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la alta concentración de elementos nutritivos propuestos y recomendados en la solución hidropónica La Molina.

5.7. Discusión de la dosis abono foliar para Peso fresco del follaje ($\text{Kg} \cdot \text{m}^2$)

Los resultados encontrados coinciden con diversas investigaciones que respaldan la efectividad de la combinación de soluciones nutritivas y abonos foliares en cultivos hidropónicos, específicamente en sistemas NFT.

1. Cajo (2016), en su estudio con lechuga bajo sistema NFT utilizando soluciones nutritivas y Bayfolan, encontró diferencias altamente significativas en el peso fresco de la biomasa aérea, logrando rendimientos superiores con mayores dosis de nutrientes y de abono foliar. Esta coincidencia refuerza la validez de aplicar abonos foliares complementarios para potenciar la absorción de micronutrientes que podrían ser limitados en la solución base.
2. Rodríguez Delfín (2008) señala que, en los sistemas hidropónicos recirculantes, como el NFT, el crecimiento vegetal depende críticamente de la concentración balanceada de macro y micronutrientes, y que suplementos foliares pueden mejorar la eficiencia fotosintética, lo cual se reflejaría en mayor biomasa.
3. Gonzales et al. (2021), trabajando con espinaca en NFT, reportaron también una interacción significativa entre tipo de solución nutritiva y bioestimulantes foliares, obteniendo mayores rendimientos cuando ambos factores se combinaban adecuadamente, lo que es coherente con los resultados de tu investigación.

Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) a través del Centro de Hidroponía, ha reportado que las deficiencias leves de ciertos micronutrientes como Fe, Mn o Zn pueden ser eficientemente corregidas vía fertilización foliar, mejorando el crecimiento y rendimiento en hortalizas de hoja como el cilantro.

Consiguientemente la variable peso fresco del follaje fue altamente influenciada tanto por las dosis de solución nutritiva como por el abono foliar Bayfolan, y especialmente por su combinación, destacando el potencial del enfoque multinutriente en sistemas NFT. Estos resultados aportan evidencia práctica para optimizar la nutrición del cilantro bajo condiciones controladas, alineándose con estudios previos que demuestran el beneficio de intervenciones nutricionales combinadas.

5.8. Resultados de la evaluación del Peso seco del follaje (kg.m^{-2})

Tabla 28

Peso seco del follaje (Kg.m^2)

Dosis	2.5mLA+1mLB·L ⁻¹ agua			5.0mLA+2mLB·L ⁻¹ agua			7.5 mLA+3mLB·L ⁻¹ agua			Total
Repet.	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	
I	0.78	0.82	0.87	0.90	0.96	1.08	1.20	1.23	1.26	9.10
II	0.75	0.79	0.84	0.93	0.93	1.11	1.17	1.26	1.23	9.01
III	0.82	0.79	0.81	0.90	0.96	1.09	1.23	1.17	1.26	9.03
IV	0.75	0.78	0.88	0.87	0.90	1.11	1.18	1.18	1.27	8.92
Suma	3.10	3.18	3.40	3.60	3.75	4.39	4.78	4.84	5.02	36.06
Promedio	0.78	0.80	0.85	0.90	0.94	1.10	1.20	1.21	1.26	1.00
DosisSol. Nutrit.	2.5mLA+1mLB·L ⁻¹ agua			5.0mLA+2mLB·L ⁻¹ agua			7.5 mLA+3mLB·L ⁻¹ agua			
	Suma =	9.68		Suma =	11.74		Suma =	14.64		36.06
	Promedio =	0.81		Promedio =	0.98		Promedio =	1.22		1.00
Dosis	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua			7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua			8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua			
Abonofoliar	Suma =	11.48		Suma =	11.77		Suma =	12.81		36.06
	Promedio =	0.96		Promedio =	0.98		Promed =	1.07		1.00

Nota: Elaboración propia

Tabla 29*ANOVA para Peso seco del follaje (Kg.m²)*

F de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Bloques	3	0.0018	0.0006	0.7836	0.07100	0.02400	NS. NS.
Tratamientos	8	1.1427	0.1428	183.1656	2.36000	3.36000	* *
D.Sol. Nutr. (Mm)	2	1.0349	0.5174	663.4942	3.40000	5.61000	* *
D.Abono foliar (Af)	2	0.0815	0.0408	52.2636	3.40000	5.61000	* *
Interacción Mm * Af	4	0.0264	0.0066	8.4524	2.78000	4.22000	* *
Error	24	0.0187	0.0008				
Total	35	1.1633	CV =	2.79%			

Nota: Elaboración propia

Al analizar la Tabla 28 y Tabla 29 ANOVA para peso seco del follaje, se deduce que estadísticamente no existe diferencias estadísticas significativas entre bloques, confirmando que la distribución de repeticiones dentro del campo experimental fue homogénea. El coeficiente de variabilidad de 2.79% indica que los resultados evaluados muestran confiabilidad. Existe diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, dosis de soluciones nutritivas (Macro y micronutrientes), dosis de abono foliar (Bayfolan) e interacción dosis de soluciones nutritivas por dosis de abono foliar.

Del análisis de varianza (ANOVA) para esta variable se concluye lo siguiente:

- Los tratamientos fueron altamente significativos ($F_c = 183.1656 > F_t 1\% = 3.36$), lo que indica diferencias reales entre los tratamientos aplicados.
- La dosis de la solución nutritiva (Mm) tuvo un efecto altamente significativo ($F_c = 663.4942$), evidenciando que la concentración de nutrientes en el agua influye notablemente en la acumulación de biomasa seca del follaje.
- La dosis de abono foliar (Af) también fue altamente significativa ($F_c = 52.2636$), por lo que el aporte exógeno de nutrientes a través de abono foliar mejora la productividad del follaje seco.

- La interacción entre solución nutritiva y abono foliar ($Mm \times Af$) fue altamente significativa ($F_c = 8.4524$), lo cual sugiere que el efecto del abono foliar depende de la concentración de la solución nutritiva y viceversa.
- El coeficiente de variación (CV) fue bajo (2.79%), lo que indica una excelente precisión experimental.

Los promedios más altos de peso seco del follaje se obtuvieron con:

- La combinación de 7.5 mL A + 3 mL $B \cdot L^{-1}$ de solución nutritiva + 8.5 mL $\cdot L^{-1}$ de Bayfolan, con valores promedio de 1.22 Kg.m².
- A medida que aumentaron las dosis tanto de solución nutritiva como de abono foliar, el peso seco también aumentó, mostrando un comportamiento sinérgico.

Tabla 30

Prueba Tukey de tratamientos para Peso seco del follaje (Kg.m²)

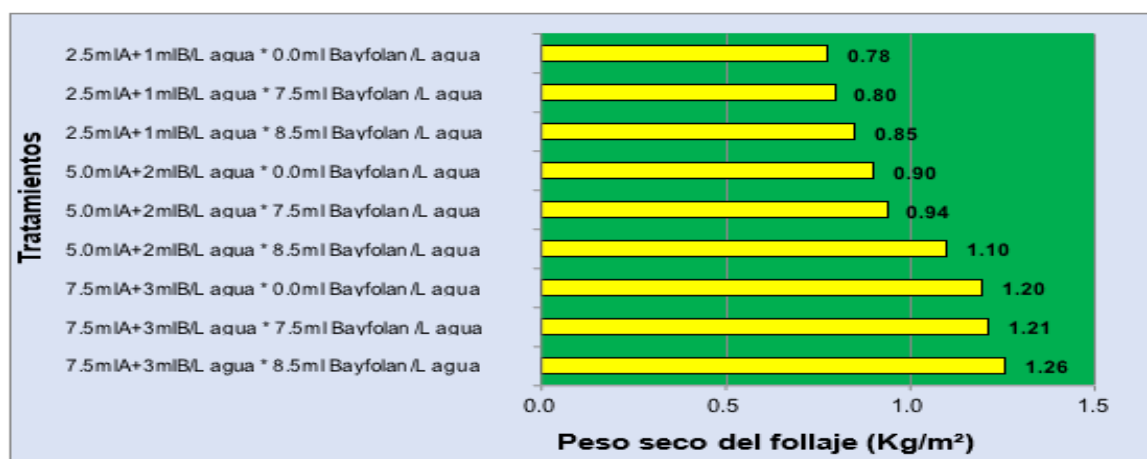
ALS (5%) = 0.07 ALS (1%) = 0.08

Orden de Mérito	Tratamientos	Peso seco del follaje (Kg.m ²)	Significación	
			5%	1%
I	7.5 mL A+3 mL B · L ⁻¹ agua * 8.5 mL abono foliar · L ⁻¹	1.26	a	a
II	7.5 mL A+3 mL B · L ⁻¹ agua * 7.5 mL abono foliar · L ⁻¹	1.21	a	a
III	7.5 mL A+3 mL B · L ⁻¹ agua * 0.0 mL abono foliar · L ⁻¹	1.20	a	a
IV	5.0 mL A+2 mL B · L ⁻¹ agua * 8.5 mL abono foliar · L ⁻¹	1.10	b	b
V	5.0 mL A+2 mL B · L ⁻¹ agua * 7.5 mL abono foliar · L ⁻¹	0.94	c	c
VI	5.0 mL A+2 mL B · L ⁻¹ agua * 0.0 mL abono foliar · L ⁻¹	0.90	c d	c d
VII	2.5 mL A+1 mL B · L ⁻¹ agua * 8.5 mL abono foliar · L ⁻¹	0.85	d e	d e
VIII	2.5 mL A+1 mL B · L ⁻¹ agua * 7.5 mL abono foliar · L ⁻¹	0.80	e f	e
IX	2.5 mL A+1 mL B · L ⁻¹ agua * 0.0 mL abono foliar · L ⁻¹	0.78	f	e

Nota: Elaboración Propia.

Figura 26

Peso seco del follaje (Kg.m²) para Tratamientos



Nota: Elaboración propia.

Al analizar la Tabla 30, Figura 26 de Prueba de Tukey de tratamientos para peso seco del follaje se deduce que, los tratamientos 7.5 mL A+3 mL B·L⁻¹ agua * 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan, 7.5 mL A+3 mL B·L⁻¹ agua * 7.5 mL Bayfolan·L⁻¹ agua y 7.5 mL A+3mL B·L⁻¹ agua * 0.0mL Bayfolan·L⁻¹ agua, con 1.26, 1.21 y 1.20 Kg.m⁻² respectivamente fueron superiores a los demás tratamientos. Mientras los tratamientos 2.5mL A+1 mL B·L⁻¹ agua * 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan, 2.5 mL A+1 mL B·L⁻¹ agua * 7.5 mL Bayfolan·L⁻¹ agua y 2.5 mL A+1 mL B·L⁻¹ agua * 0.0 mL Bayfolan·L⁻¹ agua con 0.85, 0.80 y 0.78 Kg.m⁻² respectivamente ocuparon los últimos lugares. Esta superioridad se debe a las dosis de macro y micronutrientes de las soluciones nutritivas, más no al efecto de las dosis del abono foliar como es el Bayfolan.

Tabla 31

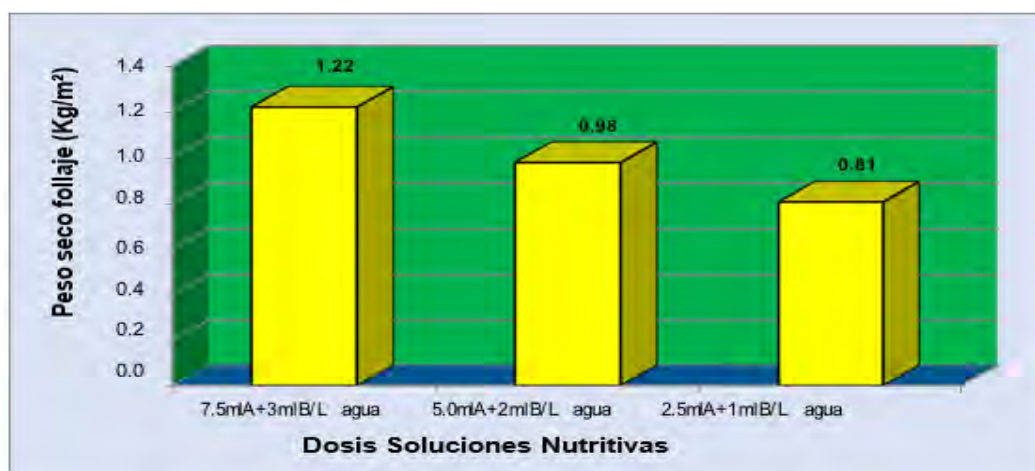
Prueba Tukey de Dosis Soluciones Nutritivas para Peso seco del follaje (Kg.m²)

Orden de Merito	ALS (5%) =0.03		ALS (1%) =0.04		Significación	
	Dosis	Soluciones Nutritivas	Peso seco del follaje (Kg.m ²)		5%	1%
I	7.5 mL	A+3mLB·L ⁻¹ agua	1.22		a	a
II	5.0mL	A+2mLB·L ⁻¹ agua	0.98		b	b
III	2.5mL	A+1mLB·L ⁻¹ agua	0.81		c	c

Nota: Elaboración propia.

Figura 27

Peso seco del follaje (Kg.m²) para Dosis Soluciones Nutritivas



Nota: Elaboración propia.

Al analizar la Tabla 31, Figura 27 de Prueba de Tukey de dosis de soluciones nutritivas (macro micronutrientes) para peso seco del follaje se deduce que, la dosis 7.5 mL A+3 mL B·L⁻¹ agua, con 1.22 Kg.m⁻² fue superior a las demás dosis, siendo la dosis de 2.5mL A+1mL B·L⁻¹ agua con 0.81 Kg.m⁻² que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe la alta concentración propuesta y recomendada de macro y micronutrientes de las soluciones hidropónicas La Molina.

Tabla 32

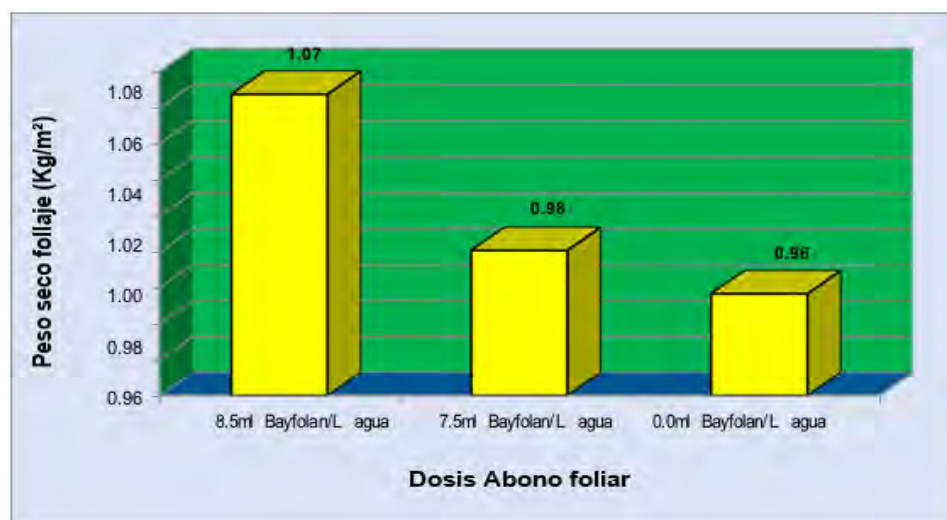
Prueba Tukey de Dosis Abono foliar para Peso seco del follaje (Kg.m²)

ALS (5%) = 0.03		ALS (1%) = 0.04	
Orden de Mérito	Dosis Abono foliar	Peso seco del follaje (Kg.m ²)	Significación
			5% 1%
I	8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	1.07	a a
II	7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	0.98	b b
III	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	0.96	b b

Nota: Elaboración propia.

Figura 28

Peso seco del follaje (Kg.m^2) para Dosis Abono foliar



Nota: Elaboración propia

Al analizar la Tabla 32, Figura 28 de la Prueba de Tukey de dosis abono foliar para peso seco del follaje se deduce que, la dosis $8.5 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ de Bayfolan, con 1.07 Kg.m^{-2} fue superior a las demás dosis, siendo las dosis de 7.5 y 00 $\text{mL Bayfolan} \cdot \text{L}^{-1}$ agua con 0.98 y 0.96. Al analizar el cuadro 05 de Prueba de Tukey de dosis abono foliar para peso fresco del follaje se deduce que, la dosis $8.5 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ de Bayfolan, con 3.56 Kg.m^{-2} fue superior a las demás dosis, siendo las dosis de 7.5 y 00 $\text{mL Bayfolan} \cdot \text{L}^{-1}$ agua con 3.28 y 3.16 Kg.m^{-2} respectivamente que ocuparon los últimos lugares. Esta superioridad se debe de alguna manera al contenido de elementos nutritivos del insumo llamado Bayfolan.

Tabla 33

*Ordenamiento interacción. Dosis Sol. Macro-micro * Dosis Abono f. para Peso seco del follaje (Kg.m²)*

Dosis Abono foliar	D.Sol. Macro-micro	2.5mLA+1mLB·L ⁻¹ agua	5.0mLA+2mLB·L ⁻¹ agua	7.5mLA+3mLB·L ⁻¹ agua	Total
0.0mL	BayfolanSuma	3.10	3.60	4.78	11.48
·L ⁻¹ .agua	Prom.	0.78	0.90	1.20	
7.5 mL	BayfolanSuma	3.18	3.75	4.84	11.77
·L ⁻¹ .agua	Prom.	0.80	0.94	1.21	
8.5mL	BayfolanSuma	3.40	4.39	5.02	12.81
·L ⁻¹ .agua	Prom.	0.85	1.10	1.26	
		9.68	11.74	14.64	36.06

Nota: Elaboración propia.

Tabla 34

*ANOVA auxiliar para interacción Dosis Soluciones Nutritivas * Dosis Abono foliar para Peso seco follaje (Kg.m²)*

F. de V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc.	Ft.		Grado de Signif.
					5%	1%	
0.0mL A.f. * Dosis Mm	02	0.3721	0.1860	238.5467	3.4000	5.6100	**
7.5 mL A.f. * Dosis Mm	02	0.3557	0.1779	228.0641	3.4000	5.6100	**
8.5mL A.f. * Dosis Mm	02	0.3334	0.1667	213.7881	3.4000	5.6100	**
Error	24	0.0187	0.0008				

Nota: Elaboración Propia

Al analizar la Tabla 33 Y Tabla 34 del ANOVA auxiliar de interacción, Dosis Solución Nutritiva por Dosis Abono Foliar para peso seco de follaje se deduce que, entre todas las interacciones existe estadísticamente diferencias altamente significativas.

Tabla 35

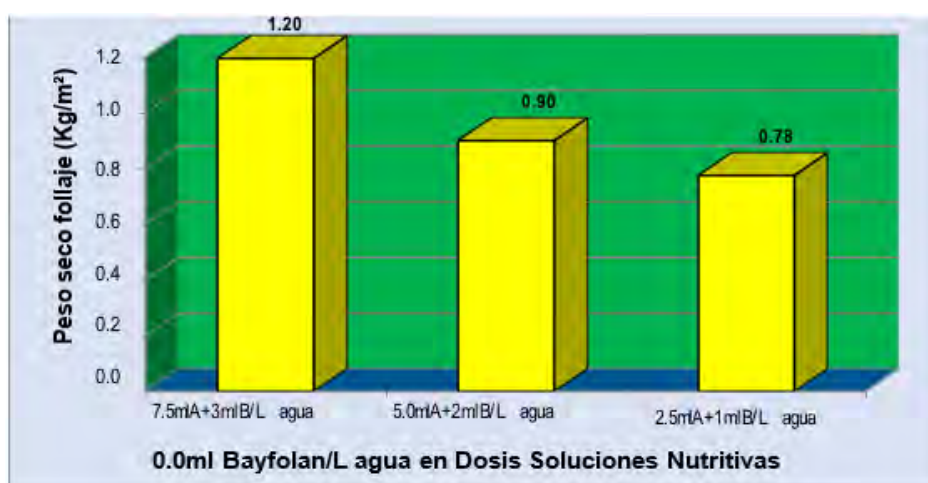
Prueba Tukey 0.0 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Soluciones Nutritivas para Peso seco del follaje (Kg.m²)

Orden de Mérito	ALS (5%) =0.05	ALS (1%) =0.06	Significación	
	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua en Dosis Soluciones nutritivas	Peso seco del follaje (Kg.m ²)	5%	1%
I	7.5 mL A+3mL B·L ⁻¹ agua	1.20	a	a
II	5.0mL A+2mL B·L ⁻¹ agua	0.90	b	b
III	2.5mL A+1mL B·L ⁻¹ agua	0.78	c	c

Nota: Elaboración propia

Figura 29

Peso seco del follaje (Kg.m²) para 0.0mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis de Soluciones Nutritivas



Nota: Elaboración propia

Al analizar la Tabla 35, Figura 29 de Prueba de Tukey de dosis 0.0 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en dosis de solución nutritiva para peso seco del follaje se deduce que, la dosis 7.5 mL A+3mL B·L⁻¹ agua, con 1.20 Kg.m⁻² fue superior a las demás dosis, siendo las dosis de 2.5 mL A + 1 mL B·L⁻¹ agua con 0.78 Kg.m⁻² que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la alta concentración de elementos nutritivos propuesto y recomendada en la solución hidropónica La Molina.

Tabla 36

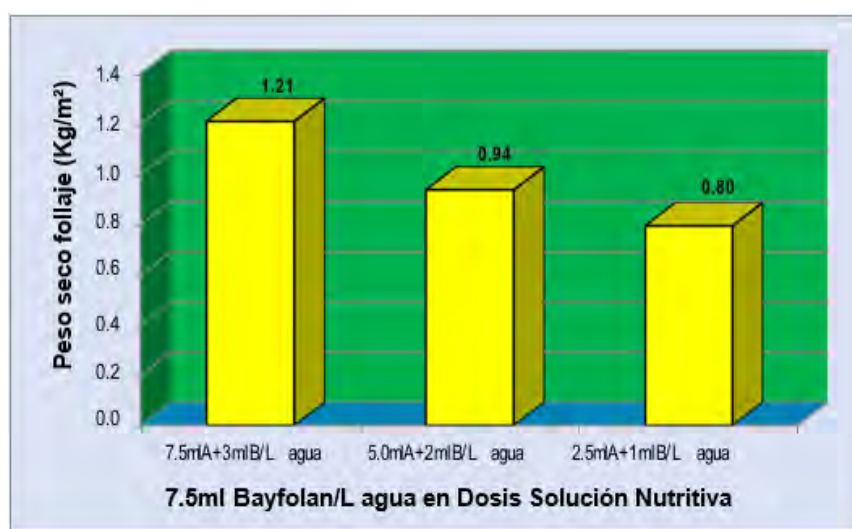
Prueba Tukey 7.5 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Peso seco del follaje (Kg.m²)

	ALS (5%) =	0.05	ALS (1%) =	0.06
Orden de Merito	7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva	Peso seco del follaje (Kg.m ²)	Significación	
			5%	1%
I	7.5 mL A+3 mL B·L ⁻¹ agua	1.21	a	a
II	5.0 mL A+2 mL B·L ⁻¹ agua	0.94	b	b
III	2.5 mL A+1 mL B·L ⁻¹ agua	0.8	c	c

Nota: Elaboración propia

Figura 30

Peso seco del follaje (Kg.m²) para 7.5 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Soluciones Nutritivas.



Nota: Elaboración propia

Al analizar la Tabla 36 e Figura 30 de la Prueba de Tukey de dosis 7.5 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en dosis de solución nutritiva para peso seco del follaje se deduce que, la dosis 7.5 mL A+3 mL BL agua con 1.21 Kg.m⁻² fue superior a las demás dosis, siendo la dosis de 2.5 mL A + 1 mL B·L⁻¹ agua con 0.80 Kg.m⁻² que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la alta concentración de elementos nutritivos propuesto y recomendada en la solución hidropónica La Molina.

Tabla 37

Prueba Tukey 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan en Dosis Soluciones Nutritivas para Peso seco del follaje (Kg.m²)

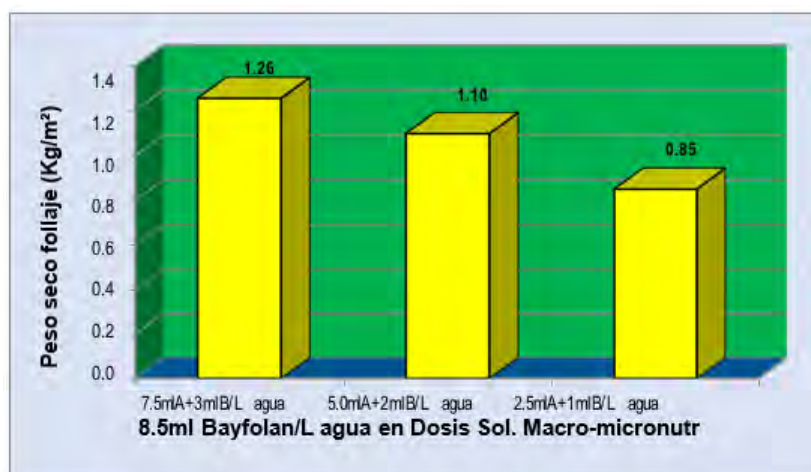
ALS (5%) = 0.05 ALS (1%) = 0.06

Orden de Merito	8.5mL Bayfolan en Dosis Nutritivas	Peso seco del follaje (Kg.m ²)	Significación	
			5%	1%
I	7.5 mL A + 3 mL B · L ⁻¹ agua	1.26	a	a
II	5.0 mL A + 2 mL B · L ⁻¹ agua	1.1	b	b
III	2.5 mL A + 1 mL B · L ⁻¹ agua	0.85	c	c

Nota: Elaboración propia

Figura 31

Peso seco del follaje (Kg.m²) para 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan en Dosis Soluciones Nutritivas



Nota: Elaboración propia

Al analizar la Tabla 37, Figura 31 de Prueba de Tukey de dosis 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan en dosis de solución nutritiva para peso seco del follaje se deduce que, la dosis 7.5 mL A + 3 mL B · L⁻¹ agua con 1.26 kg·m⁻² fue superior a las demás dosis, siendo la dosis de 2.5 mL A + 1 mL B · L⁻¹ agua con 0.85 Kg.m⁻² que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la alta concentración de elementos nutritivos propuesto y recomendada en la solución hidropónica La Molina.

5.9. Discusión de la evaluación del peso seco del follaje ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)

Los resultados del análisis estadístico mostraron que tanto las dosis de solución nutritiva como las de abono foliar influyeron significativamente ($p<0.01$) sobre el peso seco del follaje del cilantro. La interacción entre ambos factores también fue significativa, evidenciando una sinergia entre la nutrición radicular y foliar en este sistema de cultivo. El tratamiento más efectivo fue la combinación de $7.5 \text{ mL A} + 3 \text{ mL B}\cdot\text{L}^{-1}$ de agua con $8.5 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ de Bayfolan, alcanzando un promedio de $1.22 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ de peso seco.

Estos hallazgos son coherentes con lo reportado por Quipo (2016), quien evidenció que la mayor concentración de solución nutritiva ($6 \text{ mL A} + 3 \text{ mL B}$) en espinaca hidropónica tipo raíz flotante permitió obtener una materia seca significativamente superior ($49 \text{ g}\cdot\text{planta}$) en comparación con tratamientos de menor concentración o sin fertilización. Esto corrobora que un adecuado suministro de macro y micronutrientes, especialmente nitrógeno, potasio y fósforo, es crucial para incrementar la biomasa seca en especies de hoja como el cilantro y la espinaca.

Asimismo, se observa consistencia con el estudio de Ccahuana (2019), quien en un sistema NFT con fresa encontró que la combinación de solución nutritiva balanceada con biol a $20 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ generó valores altos de peso seco de residuos ($11.10 \text{ g}\cdot\text{planta}$), sugiriendo que el complemento de nutrientes orgánicos foliares puede estimular la síntesis de compuestos estructurales en tejidos vegetales. En nuestro caso, el uso de Bayfolan en combinación con solución concentrada permitió maximizar la acumulación de materia seca, lo que puede estar asociado a una mayor eficiencia fotosintética y acumulación de sólidos.

El estudio de Cajo (2016) también aporta evidencia útil, ya que demostró que la variedad de lechuga Cressa Verde, al recibir una solución nutritiva tipo Steiner modificada, alcanzó altos niveles de biomasa fresca y comercializable. Aunque su estudio se centró en peso fresco, es lógico inferir que un mayor peso seco acompaña estos resultados, dado que

ambos parámetros suelen estar positivamente correlacionados, tal como se evidenció en nuestro experimento.

Por su parte, Manzano et al. (2018), al evaluar tres concentraciones de potasio, observaron que una dosis baja generó el mejor rendimiento agronómico y económico, aunque la mayor concentración de potasio se acumuló en los tejidos. Esta observación resalta la importancia del equilibrio nutricional y la eficiencia de asimilación para maximizar materia seca sin necesariamente aumentar las concentraciones de nutrientes a niveles excesivos. Esto puede explicar por qué en nuestro estudio, la dosis intermedia de abono foliar ($7.5 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$) no fue tan efectiva como la más alta ($8.5 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$), indicando un umbral nutricional óptimo para el cilantro bajo las condiciones evaluadas.

En contraste, Quillahuamán (2019) no encontró efectos significativos del uso de Ormus sobre el rendimiento de materia seca en forraje verde hidropónico. Esto sugiere que, aunque algunas fuentes orgánicas pueden complementar la nutrición, su efecto es limitado en cultivos de ciclo corto si no se equilibran adecuadamente con las demandas específicas del cultivo. En nuestro caso, el Bayfolan parece haber suplido efectivamente los requerimientos adicionales del cilantro cuando fue combinado con una solución base rica en nutrientes.

Finalmente, es importante señalar que según Chávez y Mamani (2023), las diferencias varietales y las técnicas hidropónicas (NFT vs. raíz flotante) influyeron en el comportamiento agronómico de la lechuga, encontrando mejores resultados en sistemas de raíz flotante. No obstante, nuestro experimento muestra que, bajo condiciones bien controladas de NFT, también es posible lograr altos rendimientos de biomasa seca en cilantro, especialmente con un manejo cuidadoso de las soluciones nutritivas y el complemento foliar.

5.10. Resultados del Peso Fresco de Raíz (g.m⁻²)

Tabla 38

Peso Fresco de raíz (g.m⁻²)

Dosis	2.5mLA+1mLB·L ⁻¹ agua			5.0mLA+2mLB·L ⁻¹ agua			7.5 mL+3mLB·L ⁻¹ agua			
Repet.	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	7.5 Bayfolan ·L ⁻¹ agua	mL8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	7.5 Bayfolan ·L ⁻¹ agua	mL8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	Total
I	60.50	65.00	75.00	94.00	101.00	102.00	105.00	110.00	120.00	832.50
II	59.60	62.00	78.00	96.00	103.00	105.00	106.00	108.00	125.00	842.60
III	60.00	66.00	76.00	94.00	99.00	104.00	105.00	109.00	130.00	843.00
IV	58.60	63.00	77.00	95.00	100.00	100.00	104.00	112.00	125.00	834.60
Suma	238.70	256.00	306.00	379.00	403.00	411.00	420.00	439.00	500.00	3352.70
Promedio	59.68	64.00	76.50	94.75	100.75	102.75	105.00	109.75	125.00	93.13
Dosis Sol.	2.5mLA+1mLB·L ⁻¹ agua			5.0mLA+2mLB·L ⁻¹ agua			7.5 mL+3mLB·L ⁻¹ agua			
Nutrit.	Suma =	800.70		Suma =	1193.00		Suma =	1359.00		3352.70
	Promedio =	66.73		Promedio =	99.42		Promedio =	113.25		93.13
Dosis	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua			7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua			8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua			
Abonofoliar	Suma =	1037.70		Suma =	1098.00		Suma =	1217.00		3352.70
	Promedio =	86.48		Promedio =	91.50		Promedio =	101.42		93.13

Nota: Elaboración propia

Tabla 39*ANOVA para Peso fresco de raíz (g.m²)*

F de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signi f
					5%	1%	
Bloques	3	9.7608	3.2536	0.8291	0.07100	0.02400	NS. NS.
Tratamientos	8	15321.6089	1915.2011	488.0184	2.36000	3.36000	* *
D.Sol. Nutr. (Mm)	2	13698.7272	6849.3636	1745.3078	3.40000	5.61000	* *
D. Abono foliar (Af)	2	1387.3772	693.6886	176.7610	3.40000	5.61000	* *
Interacción Mm * Af	4	235.5044	58.8761	15.0024	2.78000	4.22000	* *
Error	24	94.1867	3.9244				
Total	35	15425.5564	CV =	2.13%			

Nota: Elaboración propia

Al analizar la Tabla 38 y Tabla 39 del ANOVA para peso fresco de raíz, se deduce que estadísticamente no existe diferencias estadísticas significativas entre bloques, confirmando que la distribución de repeticiones dentro del campo experimental fue homogénea. El coeficiente de variabilidad de 2.13% indica que los resultados evaluados muestran confiabilidad. Existe diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, dosis de soluciones nutritivas (Macro y micronutrientes), dosis de abono foliar (Bayfolan) e interacción dosis de soluciones nutritivas por dosis de abono foliar.

Tabla 40*Prueba Tukey de tratamientos para Peso fresco de raíz (g.m²)*

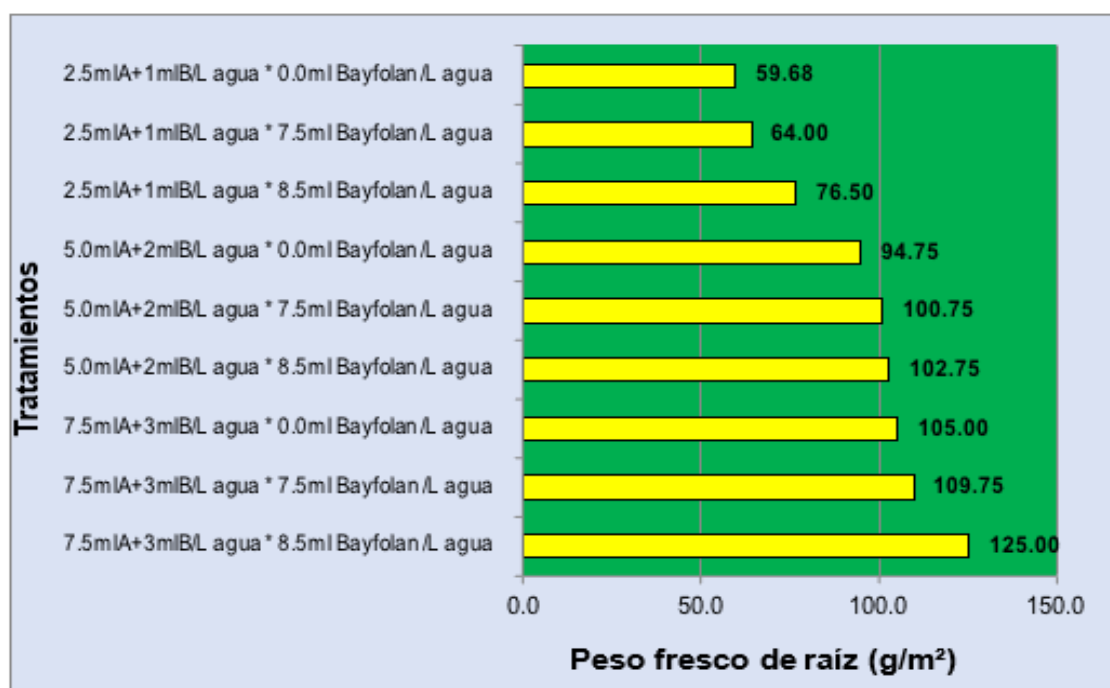
ALS (5%) = 4.76 ALS (1%) = 5.75

Orden de Merito	Tratamientos	Peso fresco de raíz (g.m ²)	Significación	
			5%	1%
I	7.5 mL A+3 mL B · L ⁻¹ agua * 8.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	125.00	a	a
II	7.5 mL A+3 mL B · L ⁻¹ agua * 7.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	109.75	b	b
III	7.5 mL A+3 mL B · L ⁻¹ agua * 0.0 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	105.00	b c	b c
IV	5.0 mL A+2 mL B · L ⁻¹ agua * 8.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	102.75	c	c
V	5.0 mL A+2 mL B · L ⁻¹ agua * 7.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	100.75	c	c
VI	5.0 mL A+2 mL B · L ⁻¹ agua * 0.0 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	94.75	d	d
VII	2.5 mL A+1 mL B · L ⁻¹ agua * 8.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	76.50	e	e
VIII	2.5 mL A+1 mL B · L ⁻¹ agua * 7.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	64.00	f	f
IX	2.5 mL A+1 mL B · L ⁻¹ agua * 0.0 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	59.68	f	f

Nota: Elaboración Propia.

Figura 32

Peso fresco de raíz ($\text{g}\cdot\text{m}^2$) para Tratamientos



Nota: Elaboración propia.

Al analizar la Tabla 40 e Figura 32 de Prueba de Tukey de tratamientos para peso fresco de raíz se deduce que, el tratamiento 7.5 mL A+3 mL B $\cdot\text{L}^{-1}$ agua * 8.5 mL $\cdot\text{L}^{-1}$ de Bayfolan, con 125.00 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ fue superior a los demás tratamientos; siendo el tratamiento 2.5 mL A+1 mL B $\cdot\text{L}^{-1}$ agua * 0.0 mL Bayfolan $\cdot\text{L}^{-1}$ agua con 59.68 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a las dosis de macro y micronutrientes de las soluciones nutritivas, más no al efecto de las dosis del abono foliar como es el Bayfolan.

Tabla 41

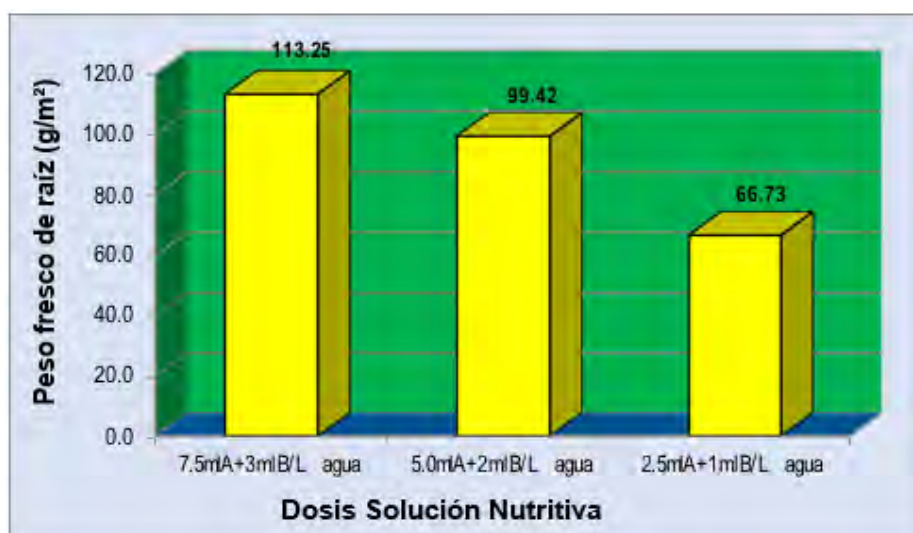
Prueba Tukey de Dosis Solución Nutritiva para Peso fresco de raíz (g.m²)

		ALS (5%) =	$\frac{2.0}{2}$	ALS (1%) =	2.60		
Orden Mérito	de Dosis Nutritiva	Solución	Peso fresco de raíz (g.m ²)	Significación		5%	1%
I	7.5 mL A+3 mL B · L ⁻¹ agua		113.25	a		a	
II	5.0 mL A+2 mL B · L ⁻¹ agua		99.42	b		b	
III	2.5 mL A+1 mL B · L ⁻¹ agua		66.73	c		c	

Nota: Elaboración propia.

Figura 33

Peso fresco de raíz (g.m²) para Dosis Soluciones Nutritivas



Nota: Elaboración propia

Al analizar la Tabla 41, Figura 33 de Prueba de Tukey de dosis de soluciones nutritivas (macro micronutrientes) para peso fresco de raíz se deduce que, la dosis 7.5 mL A+3 mL B · L⁻¹ agua, con 113.25 g.m⁻² fue superior a las demás dosis, siendo la dosis de 2.5mL A+1mL B · L⁻¹ agua con 66.73 g.m⁻² que ocupó el último lugar. Esta superioridad se

debe la alta concentración propuesta y recomendada de macro y micronutrientes de las soluciones hidropónicas La Molina.

Tabla 42

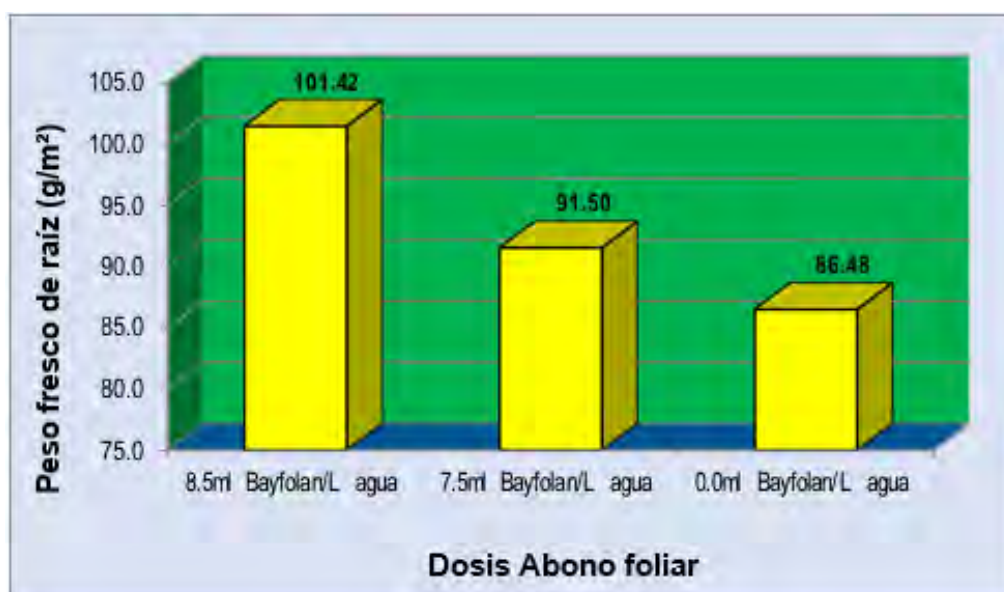
Prueba Tukey de Dosis Abono foliar para Peso fresco de raíz (g.m²)

Orden de Mérito	de Dosis Abono foliar	Peso fresco de raíz (g.m ²)	Significación	
			5%	1%
I	8.5mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	101.42	a	a
II	7.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	91.50	b	b
III	0.0mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	86.48	c	c

Nota: Elaboración propia

Figura 34

Peso fresco de raíz (g.m²) para Dosis Abono foliar



Nota: Elaboración propia

Al analizar la Tabla 42, Figura 34 de la Prueba de Tukey de dosis abono foliar para peso fresco de raíz se deduce que, la dosis 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan, con 101.42 g.m⁻² fue superior a las demás dosis, siendo las dosis de 0.00 mL Bayfolan·L⁻¹ agua con 86.48 g.m⁻² que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe de alguna manera al contenido de elementos nutritivos del insumo llamado Bayfolan.

Tabla 43

Ordenamiento interacción Dosis Soluciones Nutritivas Dosis Abono foliar para Peso fresco de raíz (g.m²)*

Dosis Abono foliar	D. Nutritivas	Soluciones 2.5mLA+1mLB·L ⁻¹ agua	5.0mLA+2mLB·L ⁻¹ agua	7.5mLA+3mLB·L ⁻¹ agua	Total
0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	Suma	238.70	379.00	420.00	1,037.70
	Prom.	59.68	94.75	105.00	
7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	Suma	256.00	403.00	439.00	1,098.00
	Prom.	64.00	100.75	109.75	
8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	Suma	306.00	411.00	500.00	1,217.00
	Prom.	76.50	102.75	125.00	
		800.70	1,193.00	1,359.00	3,352.70

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 44

ANOVA auxiliar para interacción Dosis Solución Nutritiva Dosis Abono foliar para Peso fresco de raíz (g.m²)*

F. de V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc.	Ft.		Grado de Signif.
					5%	1%	
0.0mL A.f. * Dosis Mm	02	4,519.5650	2,259.7825	575.8223	3.4000	5.6100	**
7.5 mL A.f. * Dosis Mm	02	4,699.5000	2,349.7500	598.7472	3.4000	5.6100	**
8.5mL A.f. * Dosis Mm	02	4,715.1667	2,357.5833	600.7432	3.4000	5.6100	**
Error	24	94.1867	3.9244				

Nota: Elaboración Propia.

Al analizar las Tabla 43, Tabla 44 ANOVA auxiliar de interacción Dosis Solución Nutritiva por Dosis Abono Foliar para peso fresco de raíz se deduce que, entre todas las interacciones existe estadísticamente diferencias altamente significativas.

Tabla 45

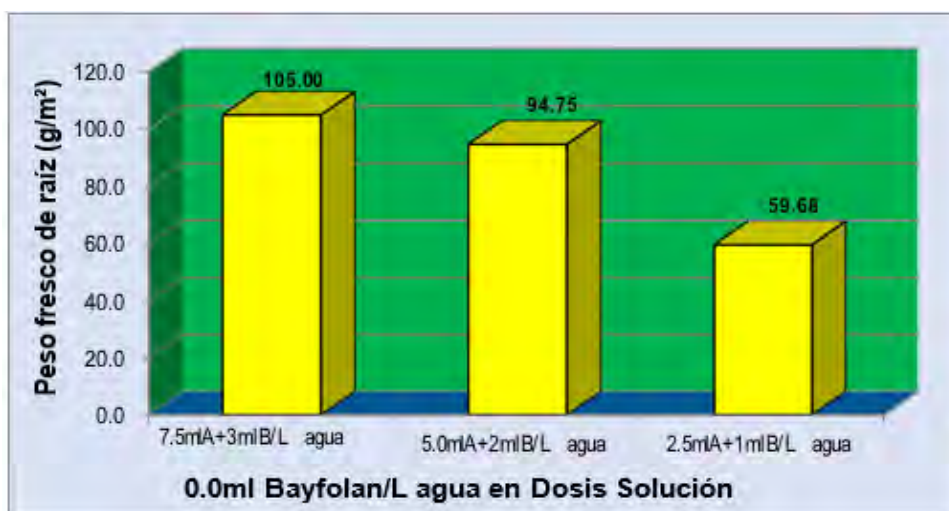
Prueba Tukey 0.0 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Peso fresco de raíz (g.m²)

ALS (5%) =		3.5	ALS (1%) =	4.51
Orden de Merito	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva	Peso fresco de raíz (g.m ²)	Significación	
			5%	1%
I	7.5 mL A+3mL B·L ⁻¹ agua	105	a	a
II	5.0mL A+2mL B·L ⁻¹ agua	94.75	b	b
III	2.5mL A+1mL B·L ⁻¹ agua	59.68	c	c

Nota: Elaboración Propia.

Figura 35

Peso fresco de raíz (g.m²) para 0.0 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva.



Nota: Elaboración Propia

Al analizar la Tabla 45, Figura 35 de Prueba de Tukey de dosis 0.0 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en dosis de solución nutritiva para peso fresco de raíz se deduce que, la dosis 7.5 mL A+3mL B·L⁻¹ agua, con 105.00 g.m⁻² fue superior a las demás dosis, siendo las dosis de 2.5 mL A + 1 mL B·L⁻¹ agua con 59.68 g.m⁻² que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la alta concentración de elementos nutritivos propuesto y recomendada en la solución hidropónica La Molina.

Tabla 46

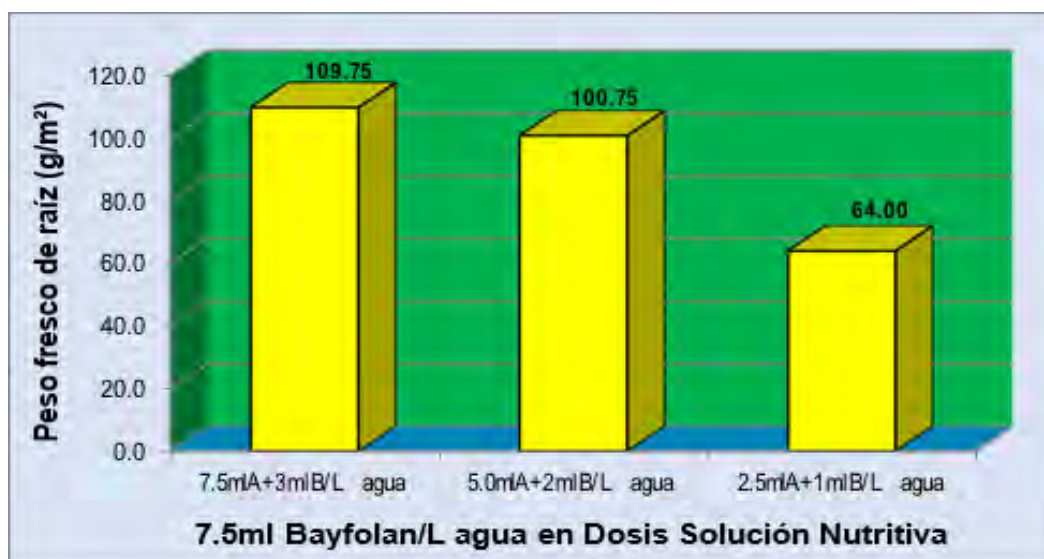
Prueba Tukey 7.5 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Peso fresco de raíz (g.m²)

	ALS (5%) =	3.50	ALS (1%) =	4.51
Orden de Mérito	7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva		Significación	
		Peso fresco de raíz(g.m ²)	5%	1%
I	7.5 mL A+3mL B·L ⁻¹ agua	109.75	a	a
II	5.0mL A+2mL B·L ⁻¹ agua	100.75	b	b
III	2.5mL A+1mL B·L ⁻¹ agua	64.00	c	c

Nota: Elaboración propia.

Figura 36

Peso fresco de raíz (g.m²) para 7.5 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva.



Nota: Elaboración propia

Al analizar la Tabla 46, Figura 36 de Prueba de Tukey de dosis 7.5 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en dosis de solución nutritiva para peso fresco de raíz se deduce que, la dosis 7.5 mL A+3 mL B·L⁻¹ agua con 109.75 g.m⁻² fue superior a las demás dosis, siendo la dosis de 2.5 mL A + 1 mL B·L⁻¹ agua con 64.00 g.m⁻² que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la alta concentración de elementos nutritivos propuestos y recomendados en la solución hidropónica La Molina.

Tabla 47

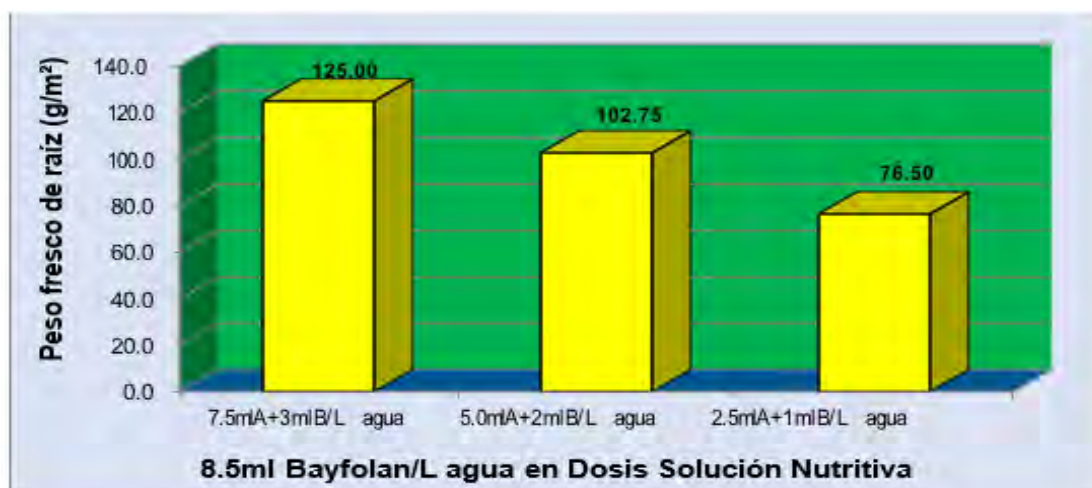
Prueba Tukey 8.5mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Peso fresco de raíz (g.m²)

		ALS (5%) = 3.50	ALS (1%) = 4.51		
Orden de Mérito	8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva	Peso fresco de raíz (g.m ²)		Significación	
				5%	1%
I	7.5 mL A+3mL B·L ⁻¹ agua	125.00		a	a
II	5.0mL A+2mL B·L ⁻¹ agua	102.75		b	b
III	2.5mL A+1mL B·L ⁻¹ agua	76.50		c	c

Nota: Elaboración Propia

Figura 37

Peso fresco de raíz (g.m²) para 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan en Dosis Solución Nutritiva.



Nota: Elaboración propia

Al analizar la Tabla 47, Figura 37 de Prueba de Tukey de dosis 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan en dosis de solución nutritiva para peso fresco de raíz se deduce que, la dosis 7.5 mL A+3 mL B·L⁻¹ agua con 125 g.m⁻² fue superior a las demás dosis, siendo la dosis de 2.5 mL A + 1 mL B·L⁻¹ agua con 76.50 g.m⁻² que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la alta concentración de elementos nutritivos propuestos y recomendados en la solución hidropónica La Molina.

5.11. Discusión del Peso Fresco de Raíz ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)

Los resultados obtenidos evidencian que tanto las dosis de soluciones nutritivas como las dosis de abono foliar influyen significativamente en el rendimiento del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) bajo el sistema hidropónico recirculante NFT. Esto coincide con los antecedentes presentados, donde se señala que el sistema NFT permite un mayor control sobre la nutrición y oxigenación de las raíces, optimizando así el crecimiento vegetal (Rodríguez Delfín, s.f.; Brenes & Jiménez, 2014).

Peso fresco del follaje

El tratamiento que combinó $7.5 \text{ mL A} + 3 \text{ mL B}\cdot\text{L}^{-1}$ de agua con $8.5 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ de Bayfolan obtuvo el mayor peso fresco del follaje ($4.19 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$), siendo estadísticamente superior (letra "a" en la prueba de Tukey) respecto a los tratamientos con menores concentraciones de solución nutritiva y/o sin aplicación de abono foliar. Este resultado demuestra que una mayor concentración de nutrientes, en sinergia con el abono foliar, potencia la acumulación de biomasa aérea. Esta observación respalda lo señalado por Rodríguez Delfín (s.f.-a), quien destaca que el sistema NFT permite una mayor eficiencia en el uso de fertilizantes, promoviendo un crecimiento más vigoroso.

Asimismo, el coeficiente de variación ($\text{CV} = 2.79\%$) indica una baja dispersión de los datos, lo que sugiere alta confiabilidad de los resultados obtenidos. La significancia estadística en todos los factores evaluados (tratamientos, solución nutritiva, abono foliar e interacción) refuerza la idea de que tanto el aporte radicular como foliar de nutrientes es crucial en el rendimiento del follaje.

Peso fresco de la raíz

De igual modo, el peso fresco de la raíz fue mayor en el tratamiento $7.5 \text{ mL A} + 3 \text{ mL B}\cdot\text{L}^{-1}$ de agua con 8.5 mL de Bayfolan ($125 \text{ g}\cdot\text{m}^2$), superando significativamente al resto de combinaciones. La tendencia muestra que el aumento en las concentraciones de solución

nutritiva mejora significativamente el desarrollo radicular, incluso más que las variaciones en la dosis de abono foliar. No obstante, el efecto combinado maximiza este parámetro. Esto es coherente con la fisiología del cultivo, donde un adecuado suministro de macro y micronutrientes facilita un sistema radicular más robusto, mejorando la absorción y el soporte de la planta.

El análisis de varianza (ANOVA) muestra una alta significancia estadística ($F_c > F_t$ al 1%) en los factores de estudio y su interacción, reafirmando el impacto positivo de estas variables sobre la producción de biomasa radicular. Con un CV de 2.13%, los resultados se consideran altamente precisos.

Discusión

Beltrano y Giménez (s.f.-b) mencionan que el uso de sistemas hidropónicos permite intensificar la producción al controlar los factores de crecimiento. Los resultados de este estudio lo confirman, ya que las dosis óptimas permiten alcanzar rendimientos significativamente superiores respecto a las condiciones tradicionales de campo. Además, la posibilidad de cultivar en condiciones controladas (fitotoldo) reduce los efectos negativos de factores limitantes como heladas o sequías, tal como se expuso en los antecedentes.

Asimismo, los resultados superan las condiciones tradicionales observadas en zonas como Saylla o Angostura, donde el riego se realiza con aguas servidas, comprometiendo la inocuidad del producto. La hidroponía, al no depender del suelo, se presenta como una alternativa sostenible y segura para el abastecimiento del mercado regional y nacional.

5.12. Resultados Evaluación Peso Seco de raíz (g.m⁻²)

Tabla 48

Peso seco de raíz (g.m²)

Dosis	2.5mLA+1mLB·L ⁻¹ agua			5.0mLA+2mLB·L ⁻¹ agua			7.5 mLA+3mLB·L ⁻¹ agua			Total
Repet.	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	
I	12.10	13.00	15.00	18.80	20.20	20.40	21.00	22.00	24.00	166.50
II	11.92	12.40	15.60	19.20	20.60	21.00	21.20	21.60	25.00	168.52
III	12.00	13.20	15.20	18.80	19.80	20.80	21.00	21.80	26.00	168.60
IV	11.72	12.60	15.40	19.00	20.00	20.00	20.80	22.40	25.00	166.92
Suma	47.74	51.20	61.20	75.80	80.60	82.20	84.00	87.80	100.00	670.54
Promed	11.94	12.80	15.30	18.95	20.15	20.55	21.00	21.95	25.00	18.63
Dosis Sol.	2.5mLA+1mLB·L ⁻¹ agua			5.0mLA+2mLB·L ⁻¹ agua			7.5 mLA+3mLB·L ⁻¹ agua			
Nutrit										
.	Suma =	160.14		Suma =	238.60		Suma =	271.80		670.54
	Promedio =	13.35		Promedio =	19.88		Promedio =	22.65		18.63
Dosis	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua			7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua			8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua			
Abono										
foliar	Suma =	207.54		Suma =	219.60		Suma =	243.40		670.54
	Promedio =	17.30		Promedio =	18.30		Promedio =	20.28		18.63

Nota: Elaboración Propia

Tabla 49*ANOVA para Peso seco de raíz (g.m²)*

F de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Bloques	3	0.3904	0.1301	0.8291	0.07100	0.02400	NS. NS.
Tratamientos	8	612.8644	76.6080	488.0184	2.36000	3.36000	**
D.Sol. Nutr. (Mm)	2	547.9491	273.9745	1745.3078	3.40000	5.61000	**
D.Abono foliar (Af)	2	55.4951	27.7475	176.7610	3.40000	5.61000	**
Interacción Mm * Af	4	9.4202	2.3550	15.0024	2.78000	4.22000	**
Error	24	3.7675	0.1570				
Total	35	617.0223	CV =	2.13%			

Nota: Elaboración propia

Al analizar las Tablas 48 y 49 del ANOVA para peso seco de raíz, se deduce que estadísticamente no existe diferencias estadísticas significativas entre bloques, confirmando que la distribución de repeticiones dentro del campo experimental fue homogénea. El coeficiente de variabilidad de 2.13% indica que los resultados evaluados muestran confiabilidad. Existe diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, dosis de soluciones nutritivas (Macro y micronutrientes), dosis de abono foliar (Bayfolan) e interacción dosis de soluciones nutritivas por dosis de abono foliar.

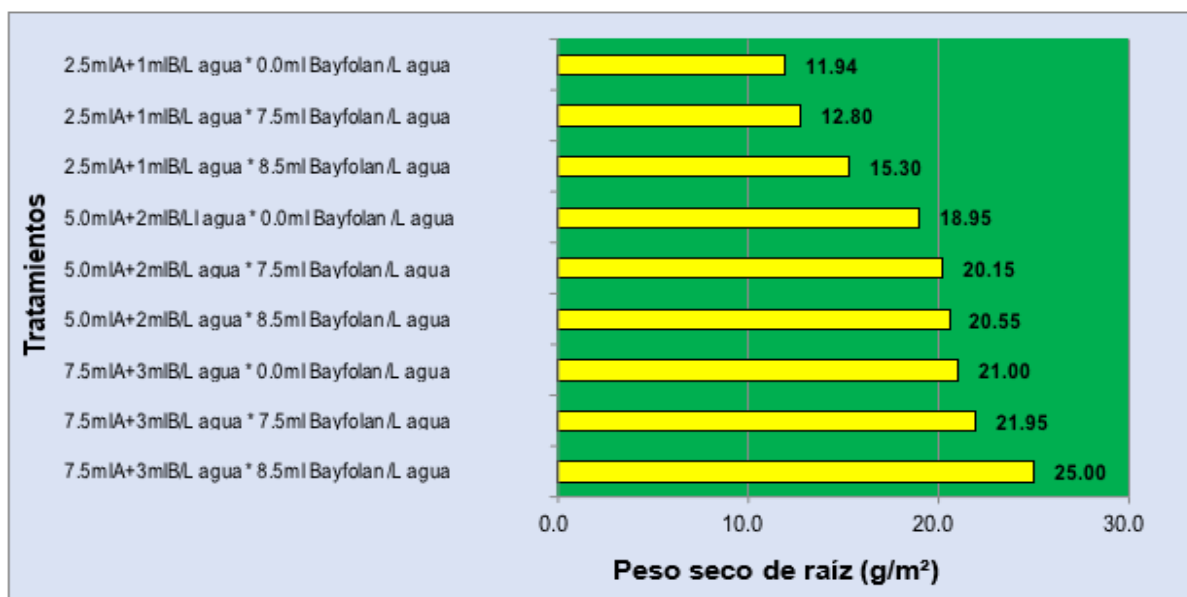
Tabla 50*Prueba Tukey de tratamientos para Peso seco de raíz (g.m²)*

ALS (5%) = 0.95ALS (1%) = 1.15			
Orden de Mérito	Tratamientos	Peso seco de raíz (g.m ²)	Significación
			5% 1%
I	7.5 mL A+3 mL B · L ⁻¹ agua * 8.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	25.00	a a
II	7.5 mL A+3 mL B · L ⁻¹ agua * 7.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	21.95	b b
III	7.5 mL A+3 mL B · L ⁻¹ agua * 0.0 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	21.00	b c b c
IV	5.0 mL A+2 mL B · L ⁻¹ agua * 8.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	20.55	c c
V	5.0 mL A+2 mL B · L ⁻¹ agua * 7.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	20.15	c c
VI	5.0 mL A+2 mL B · L ⁻¹ agua * 0.0 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	18.95	d d
VII	2.5 mL A+1 mL B · L ⁻¹ agua * 8.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	15.30	e e
VIII	2.5 mL A+1 mL B · L ⁻¹ agua * 7.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	12.80	f f
IX	2.5 mL A+1 mL B · L ⁻¹ agua * 0.0 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	11.94	f f

Nota: Elaboración Propia

Figura 38

Peso seco de raíz (g.m²) para Tratamientos



Nota: Elaboración propia

Al analizar la Tabla 50, Figura 38 de la Prueba de Tukey de tratamientos para peso seco de raíz se deduce que, el tratamiento 7.5 mL A+3 mL B·L⁻¹ agua * 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan, con 25.00 g.m⁻² fue superior a los demás tratamientos; siendo el tratamiento 2.5 mL A+1 mL B·L⁻¹ agua * 0.0 mL Bayfolan·L⁻¹ agua con 11.94 g.m⁻² que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a las dosis de macro y micronutrientes de las soluciones nutritivas, más no al efecto de las dosis del abono foliar como es el Bayfolan.

Tabla 51

Prueba Tukey de Dosis Solución Nutritiva para Peso seco de raíz (g.m²)

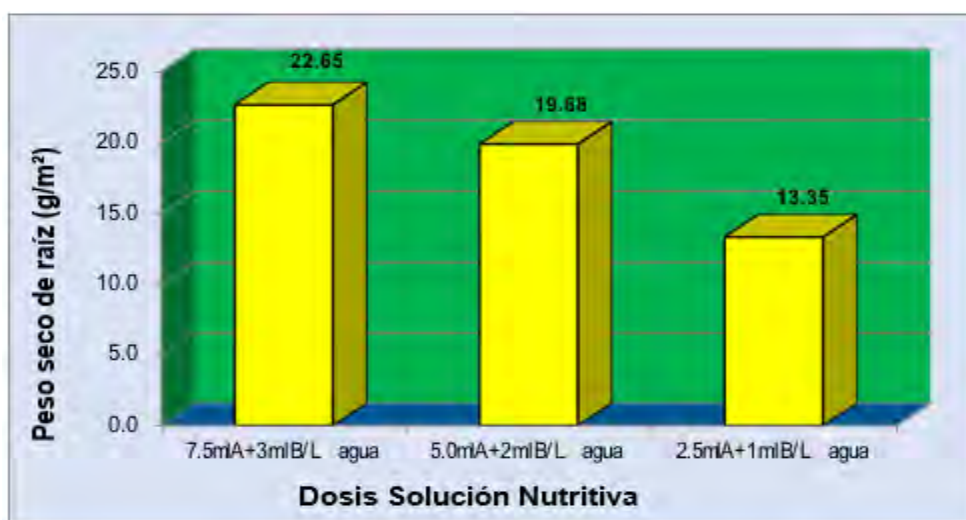
$$ALS (5\%) = 0.40ALS (1\%) = 0.52$$

Orden de Merito	Dosis Solución Nutritiva	Peso seco de raíz(g.m ²)	Significación	
			5%	1%
I	7.5 mL A+3mLB·L ⁻¹ agua	22.65	a	a
II	5.0mLA+2mLB·L ⁻¹ agua	19.88	b	b
III	2.5mLA+1mLB·L ⁻¹ agua	13.35	c	c

Nota: Elaboración Propia

Figura 39

Peso seco de raíz (g.m²) para Dosis Solución Nutritiva



Nota: Elaboración Propia.

Al analizar la Tabla 51, Figura 39 de Prueba de Tukey de dosis de soluciones nutritivas (macro micronutrientes) para peso seco de raíz se deduce que, la dosis 7.5 mL A+3 mL B·L⁻¹ agua, con 22.65 g.m⁻² fue superior a las demás dosis, siendo la dosis de 2.5mL A+1mL B·L⁻¹ agua con 13.35 Al analizar el cuadro 24 de Prueba de Tukey de dosis de soluciones nutritivas (macro – micronutrientes) para peso fresco de raíz se deduce que, la dosis 7.5 mL A+3 mL B·L⁻¹ agua, con 113.25 g.m⁻² fue superior a las demás dosis, siendo la dosis de 2.5mL A+1mL B·L⁻¹ agua con 66.73 g.m⁻² que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe la alta concentración propuesta y recomendada de macro y micronutrientes de las soluciones hidropónicas La Molina.

Tabla 52

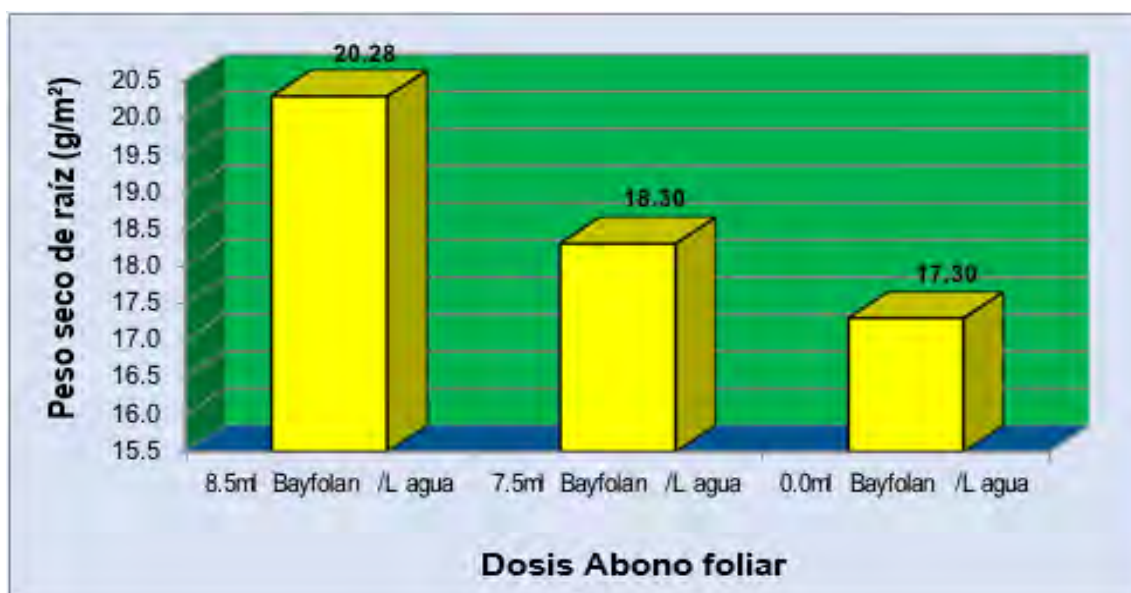
Prueba Tukey de Dosis Abono foliar para Peso seco de raíz (g.m²)

Orden de Mérito	Dosis Abono foliar	Peso seco de raíz (g.m ²)	Significación	
			5%	1%
I	8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	20.28	a	a
II	7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	18.30	b	b
III	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	17.30	c	c

Nota: Elaboración Propia

Figura 40

Peso seco de raíz (g.m²) para Dosis Abono foliar



Nota: Elaboración Propia

Al analizar la Tabla 52, Figura 40 de la Prueba de Tukey de dosis abono foliar para peso seco de raíz se deduce que, la dosis 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan, con 20.28 g.m⁻² fue superior a las demás dosis, siendo las dosis de 0.00 mL Bayfolan·L⁻¹ agua con 17.30 g.m⁻² que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe de alguna manera al contenido de elementos nutritivos del insumo llamado Bayfolan.

Tabla 53

Ordenamiento interacción Dosis Solución Nutritiva Dosis Abono foliar para Peso seco de raíz (g.m²)*

			D.Sol.	2.5mLA+1mLB·L ⁻¹ agua	5.0mLA+2mLB·L ⁻¹ agua	7.5 mLA+3mLB·L ⁻¹ agua	Total
Nutritiva							
Dosis Abono foliar							
0.0mL	Bayfolan	Suma		47.74	75.8	84	207.54
·L ⁻¹ agua		Prom.		11.94	18.95	21	
7.5 mL	Bayfolan	Suma		51.2	80.6	87.8	219.6
·L ⁻¹ agua		Prom.		12.8	20.15	21.95	
8.5mL	Bayfolan	Suma		61.2	82.2	100	243.4
·L ⁻¹ agua		Prom.		15.3	20.55	25	
				160.14	238.6	271.8	670.54

Nota: Elaboración Propia

Tabla 54

ANOVA auxiliar para interacción Dosis Solución Nutritiva Dosis Abono foliar para Peso seco de raíz (g.m²)*

F. de V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc.	Ft.		Grado de Signif.
					5%	1%	
0.0mL A.f. * Dosis Mm	02	180.7826	90.3913	575.8223	3.4000	5.6100	**
7.5 mL A.f. * Dosis Mm	02	187.9800	93.9900	598.7472	3.4000	5.6100	**
8.5mL A.f. * Dosis Mm	02	188.6067	94.3033	600.7432	3.4000	5.6100	**
Error	24	3.7675	0.1570				

Nota: Elaboración Propia.

Al analizar las Tablas 53 y 54 de los datos y del ANOVA auxiliar de interacción Dosis Solución Nutritiva por Dosis Abono Foliar para peso seco de raíz se deduce que, entre todas las interacciones existe estadísticamente diferencias altamente significativas.

Tabla 55

Prueba Tukey 0.0mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Peso seco de raíz (g.m²)

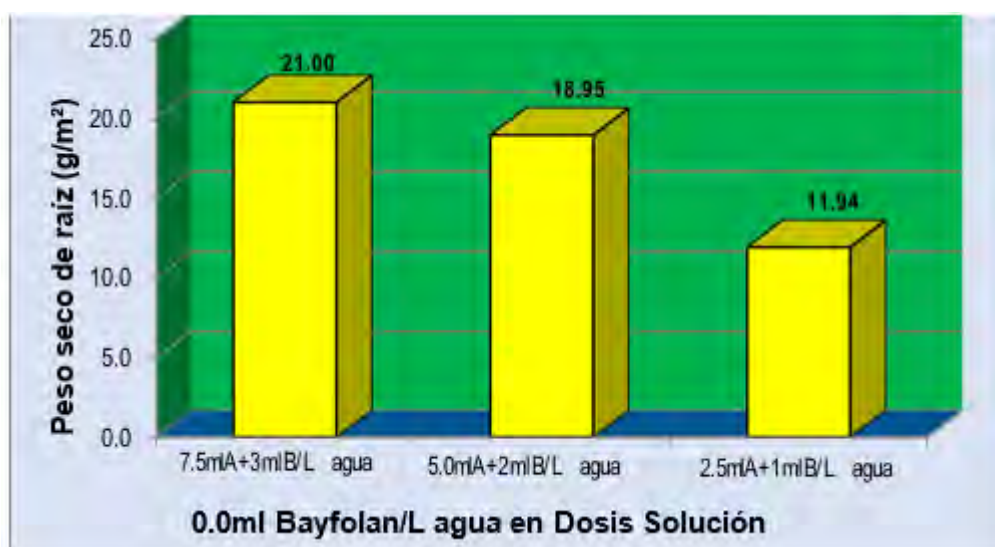
ALS (5%) = 0.70 ALS (1%) = 0.90

Orden de Merito	0.0 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua en dosis Solución Nutritiva	Peso seco de raíz (g.m ²)	Significación	
			5%	1%
I	7.5 mL A+3mL B·L ⁻¹ agua	21	A	a
II	5.0mL A+2mL B·L ⁻¹ agua	18.95	b	b
III	2.5mL A+1mL B·L ⁻¹ agua	11.94	c	c

Nota: Elaboración Propia.

Figura 41

Peso seco de raíz (g.m²) para 0.0 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva



Nota: Elaboración Propia.

Al analizar la Tabla 55, Figura 41 de la Prueba de Tukey de dosis 0.0 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en dosis de solución nutritiva para peso seco de raíz se deduce que, la dosis 7.5 mL A+3mL B·L⁻¹ agua, con 21.00 g.m⁻² fue superior a las demás dosis, siendo las dosis de 2.5 mL A + 1 mL B·L⁻¹ agua con 11.94 g.m⁻² que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la alta concentración de elementos nutritivos propuesto y recomendadas en la solución hidropónica La Molina.

Tabla 56

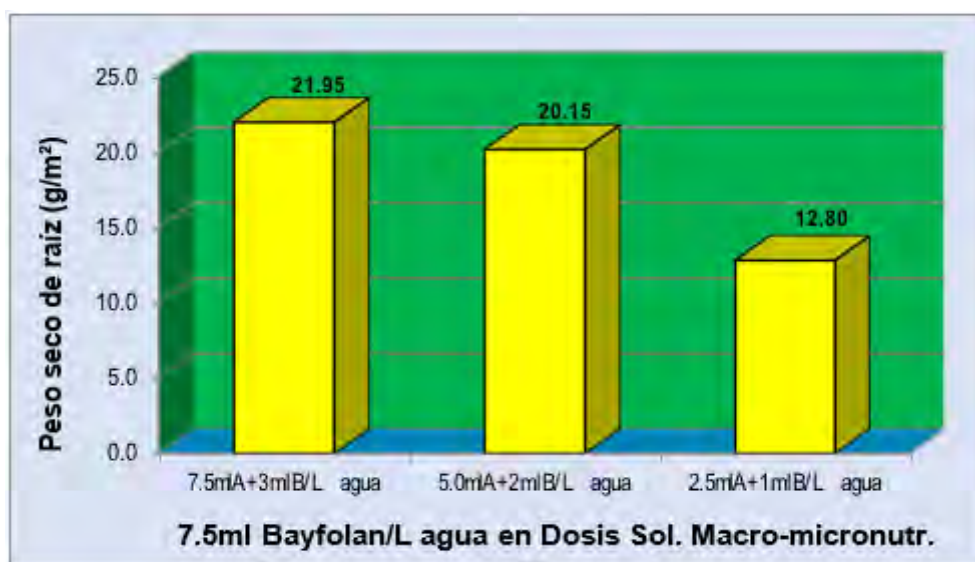
Prueba Tukey 7.5 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Peso seco de raíz (g.m²)

ALS (5%) = 0.70 ALS (1%) = 0.90				
Orden de Merito	7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva	Peso seco de raíz (g.m ²)	Significación	
			5%	1%
I	7.5 mL A+3 mL B·L ⁻¹ agua	21.95	a	a
II	5.0 mL A+2 mL B·L ⁻¹ agua	20.15	b	b
III	2.5 mL A+1 mL B·L ⁻¹ agua	12.80	c	c

Nota: Elaboración Propia.

Figura 42

Peso seco de raíz (g.m²) para 7.5 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva



Nota: Elaboración Propia.

Al analizar la Tabla 56, Figura 42 de la Prueba de Tukey de dosis 7.5 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en dosis de solución nutritiva para peso seco de raíz se deduce que, la dosis 7.5 mL A+3 mL B·L⁻¹ agua con 21.95 g.m⁻² fue superior a las demás dosis, siendo la dosis de 2.5 mL A + 1 mL B·L⁻¹ agua con 12.80 g.m⁻² que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la alta concentración de elementos nutritivos propuesto y recomendada en la solución hidropónica La Molina.

Tabla 57

Prueba Tukey 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan en Dosis Solución Nutritiva para Peso seco de raíz (g.m²)

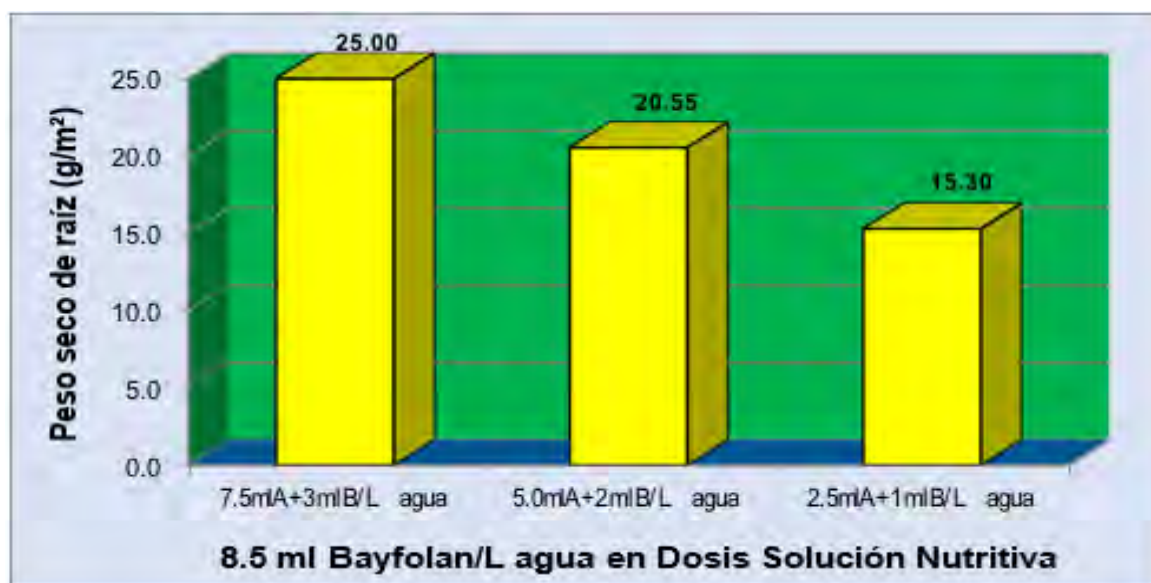
ALS (5%) = 0.70 ALS (1%) = 0.90

Orden de Mérito	de 8.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva	Peso seco de raíz (g.m ²)	Significación	
			5%	1%
I	7.5 mL A+3mLB·L ⁻¹ agua	25	A	a
II	5.0mLA+2mLB·L ⁻¹ agua	20.55	b	b
III	2.5mLA+1mLB·L ⁻¹ agua	15.3	c	c

Nota: Elaboración Propia.

Figura 43

Peso seco de raíz (g.m²) para 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan en Dosis Solución Nutritiva



Nota: Elaboración Propia.

Al analizar la Tabla 57, Figura 43 de la Prueba de Tukey de dosis 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan en dosis de solución nutritiva para peso seco de raíz se deduce que, la dosis 7.5 mL A+3 mL B·L⁻¹ agua con 25.00 g.m⁻² fue superior a las demás dosis, siendo la dosis de 2.5 mL A + 1 mL B·L⁻¹ agua con 15.30 g.m⁻² que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la alta concentración de elementos nutritivos propuesto y recomendada en la solución hidropónica La Molina.

5.13. Discusión Dosis Solución Nutritiva para Peso seco de raíz (g.m²)

Los resultados del análisis de varianza mostraron que tanto la dosis de solución nutritiva como la del abono foliar Bayfolan, así como su interacción, influyeron significativamente en el peso fresco de raíz de las plantas de cilantro cultivadas en sistema hidropónico NFT ($p < 0.01$). Este comportamiento evidencia que el crecimiento radicular es altamente sensible al manejo nutricional, tanto en la vía radicular como foliar.

El mayor valor de peso fresco de raíz (125.00 g.m²) se obtuvo con la combinación de 7.5 mL A + 3 mL B·L⁻¹ de agua con 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan, lo cual coincide con las tendencias observadas en otras variables evaluadas. En contraste, el menor valor (59.68 g.m²) correspondió a la dosis mínima de solución nutritiva sin aplicación de abono foliar.

Este comportamiento está respaldado por los hallazgos de Quipo (2016), quien indicó que, en espinaca hidropónica, mayores concentraciones de solución nutritiva aumentaron significativamente la biomasa total, incluyendo la masa radicular. En su estudio, la aplicación de una solución concentrada de 6 mL A + 3 mL B favoreció la acumulación de materia seca en los tejidos subterráneos, lo que concuerda con nuestros hallazgos respecto al impacto positivo de una solución más concentrada (7.5 mL A + 3 mL B) en el desarrollo radicular del cilantro.

De manera complementaria, los resultados son también consistentes con lo reportado por Ccahuana (2019) en su investigación con fresas hidropónicas bajo NFT, donde el uso de biol (20 mL·L⁻¹) en combinación con solución nutritiva incrementó significativamente la biomasa aérea y radicular. Esto valida la eficacia de los suplementos orgánicos foliares, como el Bayfolan, en complementar la absorción de nutrientes esenciales para el desarrollo del sistema radicular. La acción combinada de micronutrientes quelatados y fitohormonas presentes en este bioestimulante parece haber favorecido una mayor actividad meristemática en las raíces.

Por su parte, Cajo (2016) en lechuga cultivada en NFT, encontró que la variedad Crespa Verde, bajo solución nutritiva Steiner modificada, generó una biomasa fresca mayor. Aunque su enfoque principal fue la biomasa aérea, se puede inferir que un sistema radicular vigoroso fue clave para sostener ese crecimiento, lo cual es compatible con el principio fisiológico de que una mayor masa radicular mejora la absorción de agua y nutrientes, como se evidenció en nuestro caso.

El trabajo de Manzano et al. (2018) también ofrece una perspectiva relevante: aunque una concentración moderada de potasio mejoró el rendimiento económico del cultivo, se observó que las concentraciones altas de este nutriente se acumularon en los tejidos, incluyendo las raíces. Este fenómeno puede explicar por qué la combinación más concentrada de solución nutritiva y Bayfolan en nuestro estudio condujo al mayor peso radicular: el equilibrio en la disponibilidad de nutrientes (especialmente potasio y fósforo) puede haber activado el crecimiento celular y la expansión del tejido radicular sin generar toxicidad.

En cambio, Quillahuamán (2019) reportó que el uso de Ormus no mejoró significativamente la biomasa en forraje verde hidropónico, lo cual podría explicarse por la baja biodisponibilidad de los nutrientes contenidos en este tipo de productos orgánicos si no se integran con una fuente balanceada de nutrientes minerales. Esto resalta la necesidad de combinar soluciones completas como la evaluada en este estudio con suplementos eficientes como Bayfolan para obtener un efecto sinérgico.

El estudio de Chávez y Mamani (2023) evidenció que las diferencias varietales y los sistemas de cultivo influyen en el crecimiento radicular de lechugas. Aunque obtuvieron mejores resultados con el sistema de raíz flotante, nuestros hallazgos demuestran que el sistema NFT también favorece el desarrollo de raíces, siempre que se asegure una

oxigenación continua y una nutrición adecuada, condiciones garantizadas en nuestro diseño experimental.

5.14. Resultados Evaluación Altura de planta (cm)

Tabla 58

Altura de planta (cm)

Dosis	2.5mLA+1mLB·L ⁻¹ agua			5.0mLA+2mLB·L ⁻¹ agua			7.5 mLA+3mLB·L ⁻¹ agua			
Repet.	0.0mL Bayfolan·L ⁻¹ agua	7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	Total
I	17.00	18.00	20.00	26.00	28.00	30.00	35.00	37.00	39.00	250.00
II	18.00	19.10	19.50	24.00	27.50	29.30	33.40	36.80	38.80	246.40
III	17.50	18.30	20.10	25.30	27.00	28.90	33.60	37.00	38.60	246.30
IV	17.20	18.80	19.00	25.80	28.30	30.40	34.00	37.10	39.60	250.20
Suma	69.70	74.20	78.60	101.10	110.80	118.60	136.00	147.90	156.00	992.90
Promed	17.43	18.55	19.65	25.28	27.70	29.65	34.00	36.98	39.00	27.58
Dosis Sol. Nutrir.	2.5mLA+1mLB·L ⁻¹ agua			5.0mLA+2mLB·L ⁻¹ agua			7.5 mLA+3mLB·L ⁻¹ agua			
	Suma =	222.50		Suma =	330.50		Suma =	439.90		992.90
	Promedio =	18.54		Promedio =	27.54		Promedio =	36.66		27.58
Dosis	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua			7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua			8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua			
Abonofoliar	Suma =	306.80		Suma =	332.90		Suma =	353.20		992.90
	Promedio =	25.57		Promedio =	27.74		Promedio =	29.43		27.58

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 59

ANOVA para Altura de planta (cm)

F de V.	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Bloques	3	1.5653	0.5218	1.6905	3.01000	4.72000	NS. NS.
Tratamientos	8	2068.2439	258.5305	837.6597	2.36000	3.36000	**
D.Sol. Nutr. (Mm)	2	1969.3089	984.6544	3190.3602	3.40000	5.61000	**
D.Abono foliar (Af)	2	90.1739	45.0869	146.0854	3.40000	5.61000	**
Interacción Mm * Af	4	8.7611	2.1903	7.0967	2.78000	4.22000	**
Error	24	7.4072	0.3086				
Total	35	2077.2164	CV =	2.01%			

Nota: Elaboración Propia.

Al analizar las Tablas 58 y 59 del ANOVA para altura de planta, se deduce que estadísticamente no existe diferencias estadísticas significativas entre bloques, confirmando que la distribución de repeticiones dentro del campo experimental fue homogénea. El coeficiente de variabilidad de 2.01% indica que los resultados evaluados muestran confiabilidad. Existe diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, dosis de soluciones nutritivas (Macro y micronutrientes), dosis de abono foliar (Bayfolan) e interacción dosis de soluciones nutritivas por dosis de abono foliar.

La altura de planta es un indicador directo del vigor vegetativo y del equilibrio nutricional. Los resultados muestran que las mayores alturas se alcanzaron con la dosis 7.5 mL A + 3 mL B de solución nutritiva, combinadas con el abono foliar Bayfolan a $8.5 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$, superando estadísticamente al resto de tratamientos.

La interacción significativa (Mm x Af) indica que el efecto del Bayfolan depende de la concentración de la solución nutritiva, lo que es razonable ya que el abono foliar actúa complementando la nutrición radicular, pero su eficiencia depende del estado nutricional basal de la planta.

Además, los resultados confirman que el tratamiento con menor dosis de solución nutritiva (2.5 mL A + 1 mL B · L⁻¹) limita significativamente el crecimiento en altura

Tabla 60

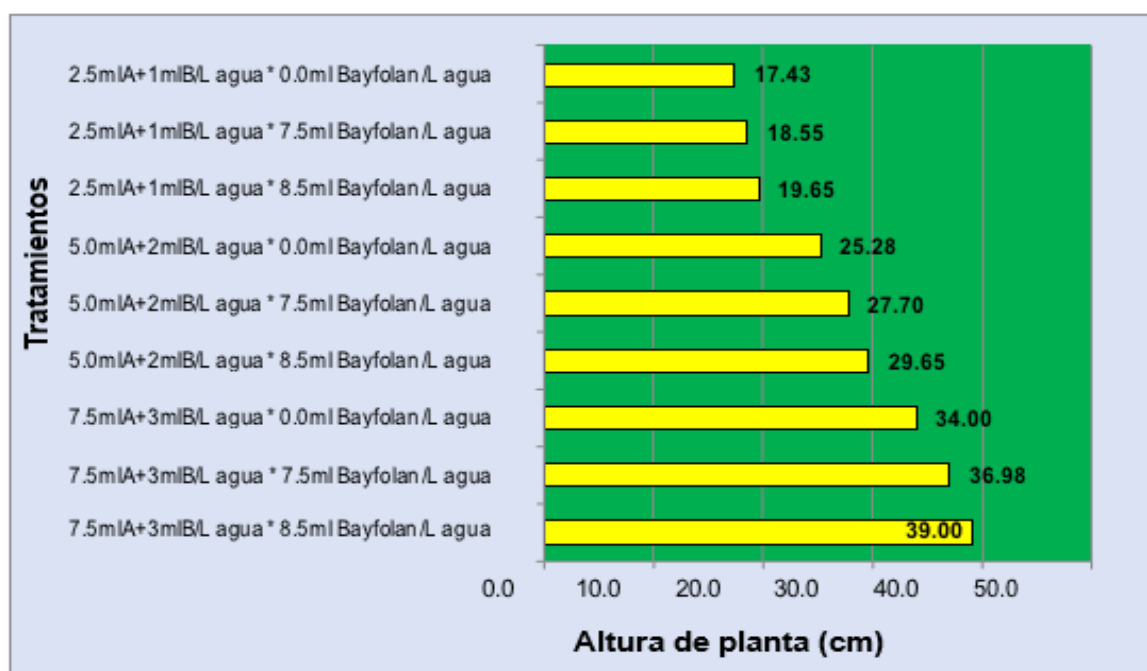
Prueba Tukey de tratamientos para Altura de planta (cm)

ALS (5%) = 1.34 ALS (1%) = 1.61				
Orden de Merito	Tratamientos	Altura de planta (cm)	Significación	
			5%	1%
I	7.5 mL A + 3 mL B · L ⁻¹ agua * 8.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	39	a	a
II	7.5 mL A + 3 mL B · L ⁻¹ agua * 7.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	36.98	b	b
III	7.5 mL A + 3 mL B · L ⁻¹ agua * 0.0 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	34	c	c
IV	5.0 mL A + 2 mL B · L ⁻¹ agua * 8.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	29.65	d	d
V	5.0 mL A + 2 mL B · L ⁻¹ agua * 7.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	27.7	e	e
VI	5.0 mL A + 2 mL B · L ⁻¹ agua * 0.0 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	25.28	f	f
VII	2.5 mL A + 1 mL B · L ⁻¹ agua * 8.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	19.65	g	g
VIII	2.5 mL A + 1 mL B · L ⁻¹ agua * 7.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	18.55	g h	g h
IX	2.5 mL A + 1 mL B · L ⁻¹ agua * 0.0 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua	17.43	h	h

Nota: Elaboración Propia.

Figura 44

Altura de planta (cm) para Tratamientos



Nota: Elaboración Propia.

Al analizar la Tabla 60, Figura 44 de la Prueba de Tukey de tratamientos para altura de planta se deduce que, el tratamiento 7.5 mL A+3 mL B·L⁻¹ agua * 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan, con 39.00 cm fue superior a los demás tratamientos; siendo los tratamientos 2.5 mL A+1 mL B·L⁻¹ agua * 7.5 mL Bayfolan·L⁻¹ agua y 2.5 mL A+1 mL B·L⁻¹ agua * 0.0 mL Bayfolan·L⁻¹ agua con 18.55 y 17.43 cm que ocuparon los últimos lugares. Esta superioridad se debe a las dosis de macro y micronutrientes de las soluciones nutritivas, más no al efecto de las dosis del abono foliar como es el Bayfolan.

Tabla 61

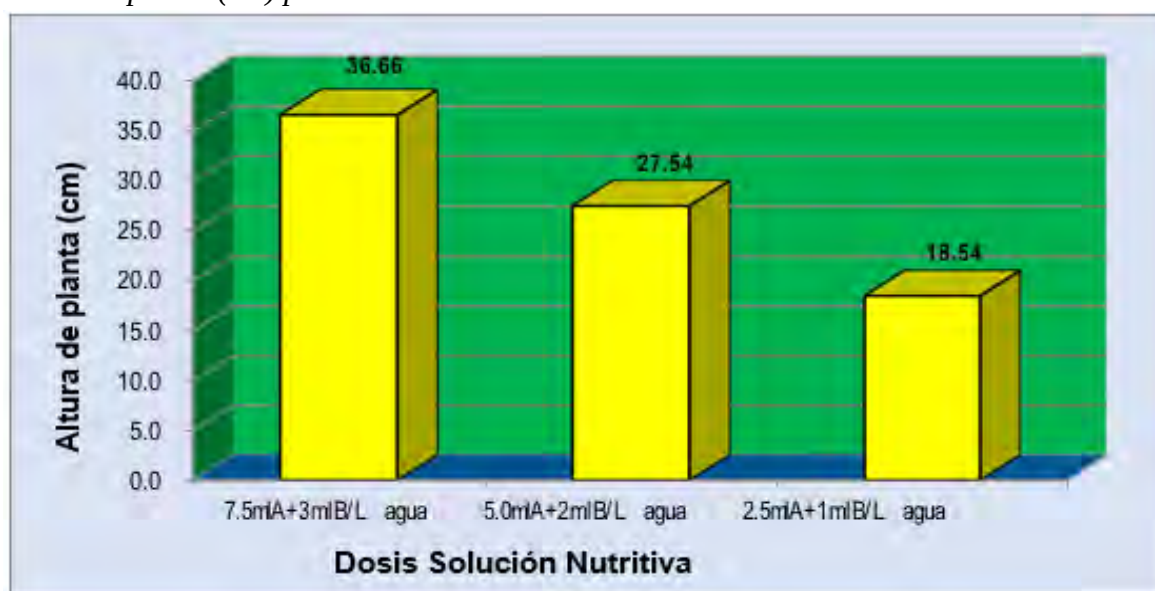
Prueba Tukey de Dosis Solución Nutritiva para Altura de planta (cm)

ALS (5%) = 0.57 ALS (1%) = 0.73					
Orden de Merito	Dosis Solución Nutritiva	Altura de planta (cm)	Significación		
I	7.5 mL A+3 mL B·L ⁻¹ agua	36.66	a	a	
II	5.0 mL A+2 mL B·L ⁻¹ agua	27.54	b	b	
III	2.5 mL A+1 mL B·L ⁻¹ agua	18.54	c	c	

Nota: Elaboración Propia.

Figura 45

Altura de planta (cm) para Dosis Solución Nutritiva



Nota: Elaboración Propia.

Al analizar la Tabla 61, Figura 45 de la Prueba de Tukey de dosis de soluciones nutritivas (macro – micronutrientes) para altura de planta se deduce que, la dosis 7.5 mL A+3 mL B·L⁻¹ agua, con 36.66 cm fue superior a las demás dosis, siendo la dosis de 2.5mL A+1mL B·L⁻¹ agua con 18.54 cm que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe la alta concentración propuesta y recomendada de macro y micronutrientes de las soluciones hidropónicas La Molina.

Tabla 62

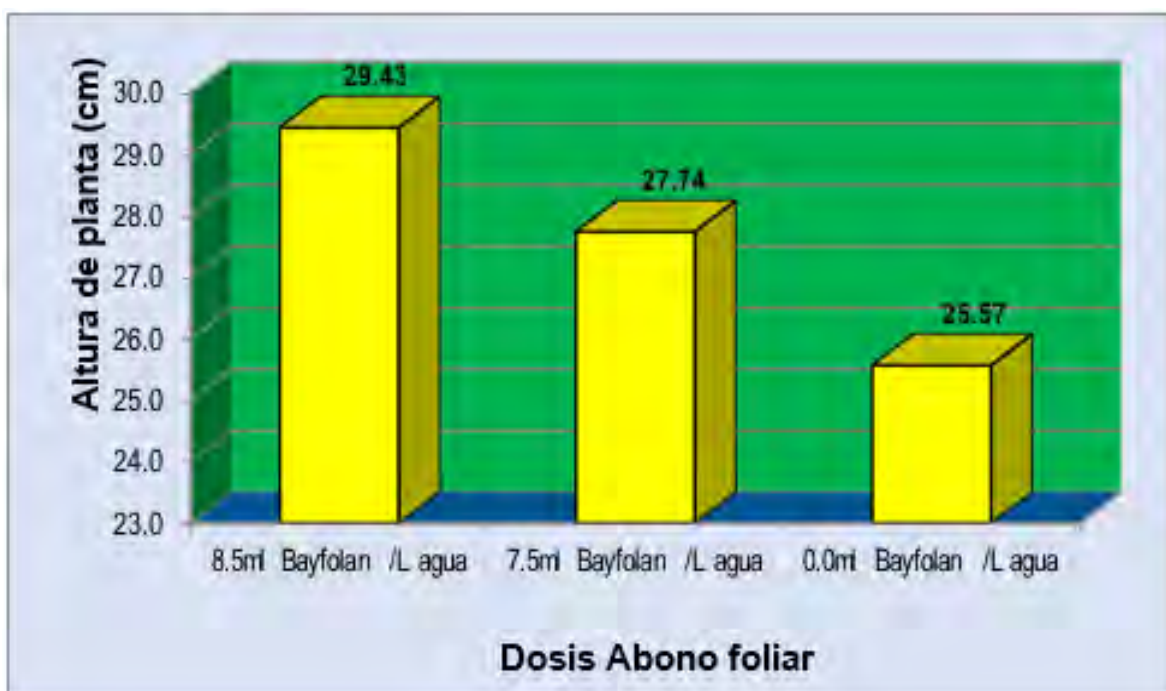
Prueba Tukey de Dosis Abono foliar para Altura de planta (cm)

Orden de Merito	Dosis Abono foliar	ALS (5%) =0.57	ALS (1%) =0.73	Significación	
			Altura de planta (cm)	5%	1%
I	8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua		29.43	a	a
II	7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua		27.74	b	b
III	0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua		25.57	c	c

Nota: Elaboración Propia.

Figura 46

Altura de planta (cm) para Dosis Abono foliar



Nota: Elaboración Propia.

Al analizar la Tabla 62, Figura 46 de la Prueba de Tukey de dosis abono foliar para altura de planta se deduce que, la dosis 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan, con 29.43 cm fue superior a las demás dosis, siendo las dosis de 0.00 mL Bayfolan·L⁻¹ agua con solo 25.57 cm que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe de alguna manera al contenido de elementos nutritivos del insumo llamado Bayfolan.

Tabla 63

Ordenamiento interacción Dosis Solución Nutritiva Dosis Abono foliar para Altura de planta (cm)*

Dosis Abono foliar	D. Solución Nutritiva	2.5mLA+1mLB ·L ⁻¹ agua	5.0mLA+2mLB ·L ⁻¹ agua	7.5 mLA+3mLB·L ⁻¹ agua	Total
0.0mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	Suma	69.70	101.10	136.00	306.8
	Prom.	17.43	25.28	34.00	0
7.5 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	Suma	74.20	110.80	147.90	332.9
	Prom.	18.55	27.70	36.98	0
8.5mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua	Suma	78.60	118.60	156.00	353.2
	Prom.	19.65	29.65	39.00	0
		222.50	330.50	439.90	992.9
					0

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 64

ANOVA auxiliar para interacción Dosis Solución Nutritiva Dosis Abono foliar para Altura de planta (cm)*

F. de V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc.	Ft. 5%	1%	Grado de Signif.
0.0mL A.f.*DosisMn	02	549.9717	274.986	890.976	3.4	5.61	**
7.5 mL A.f. * Dosis Mm	02	678.9717	339.486	1,099.96	3.4	5.61	**
8.5mL A.f. * Dosis Mm	02	749.1267	374.563	1,213.62	3.4	5.61	**
Error	24	7.4072	0.3086				

Nota: Elaboración Propia.

Al analizar las Tablas 63 y 64 del ANOVA auxiliar de interacción Dosis Solución Nutritiva por Dosis Abono Foliar para altura de planta se deduce que, entre todas las interacciones existe estadísticamente diferencias altamente significativas.

Tabla 65

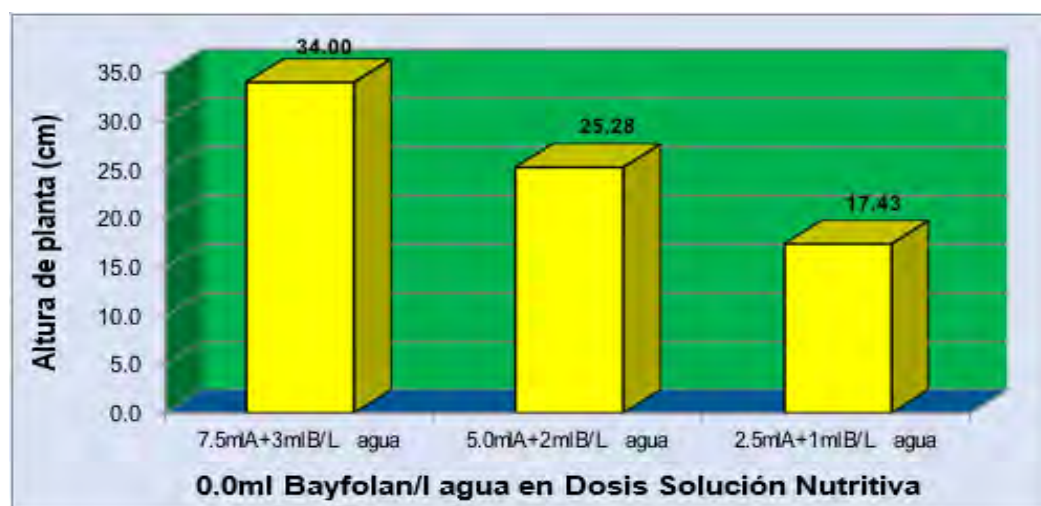
Prueba Tukey 0.0mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Altura de planta (cm)

Orden de Merito	ALS (5%) = 0.98	ALS (1%) = 1.26		
	0.0 mL Bayfolan ·L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva	Altura de planta (cm)	Significación 5%	Significación 1%
I	7.5 mL A+3mL B·L ⁻¹ agua	34	a	a
II	5.0mL A+2mL B·L ⁻¹ agua	25.28	b	b
III	2.5mL A+1mL B·L ⁻¹ agua	17.43	c	c

Nota: Elaboración Propia.

Figura 47

Altura de planta (cm) para 0.0 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva



Nota: Elaboración Propia.

Al analizar la Tabla 65, Figura 47 de la Prueba de Tukey de dosis 0.0 mL Bayfolan·L⁻¹ agua en dosis de solución nutritiva para altura de planta se deduce que, la dosis 7.5 mL A+3mL B·L⁻¹ agua, con 34.00 cm fue superior a las demás dosis, siendo las dosis de 2.5 mL A + 1 mL B·L⁻¹ agua con 17.43 cm que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la alta concentración de elementos nutritivos propuesto y recomendadas en la solución hidropónica La Molina.

Tabla 66

Prueba Tukey 7.5 mL Bayfolan · L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva para Altura de planta (cm)

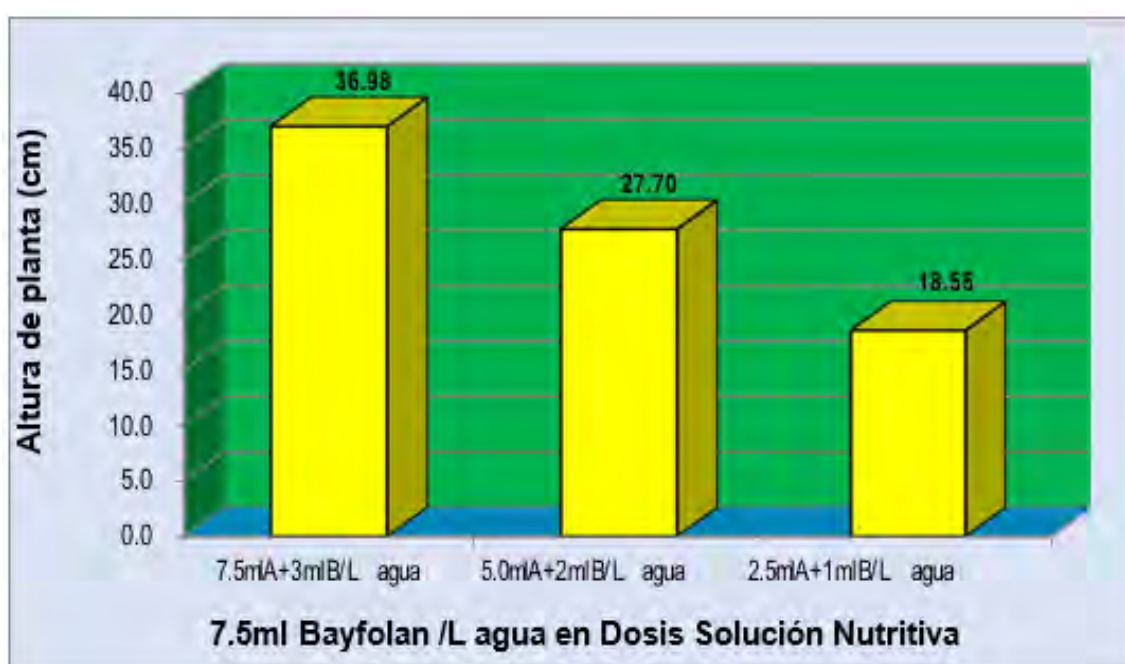
ALS (5%) = 0.98 ALS (1%) = 1.26

Orden Mérito	de 7.5 mL Bayfolan · L ⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva	Altura de planta (cm)	Significación	
			5%	1%
I	7.5 mL A + 3 mL B · L ⁻¹ agua	36.98	a	a
II	5.0 mL A + 2 mL B · L ⁻¹ agua	27.70	b	b
III	2.5 mL A + 1 mL B · L ⁻¹ agua	18.55	c	c

Nota: Elaboración Propia.

Figura 48

Altura de planta (cm) para 7.5 mL Bayfolan · L⁻¹ agua en Dosis Solución Nutritiva.



Nota: Elaboración Propia.

Al analizar la Tabla 66, Figura 48 de la Prueba de Tukey de dosis 7.5 mL Bayfolan · L⁻¹ agua en dosis de solución nutritiva para altura de planta se deduce que, la dosis 7.5 mL A + 3 mL B · L⁻¹ agua con 36.98 cm altura de planta fue superior a las demás dosis, siendo la dosis de 2.5 mL A + 1 mL B · L⁻¹ agua con 18.55 cm. Inferior.

Tabla 67

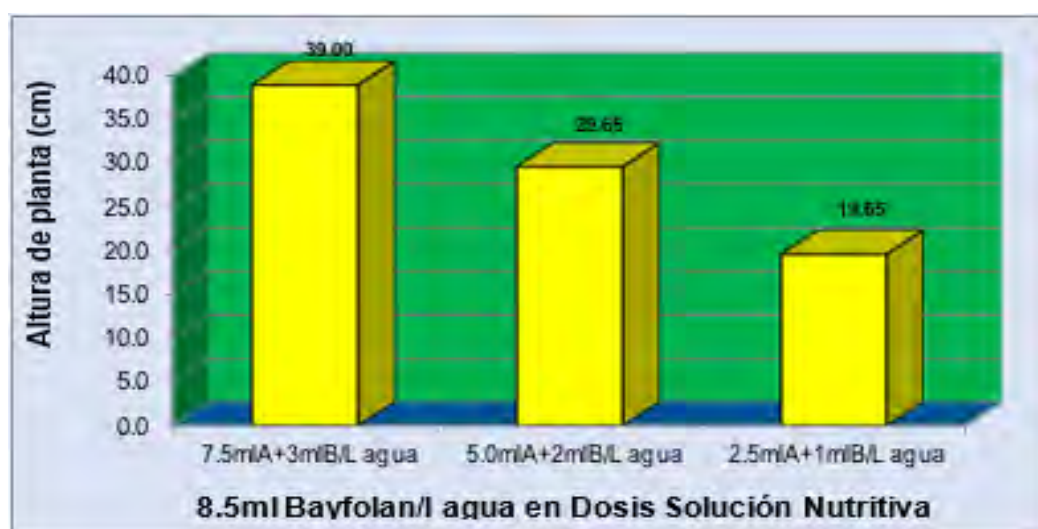
Prueba Tukey 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan en Dosis Solución Nutritiva para Altura de planta (cm)

ALS (5%) = 0.98 ALS (1%) = 1.26					
Orden Merito	de 8.5 mL Bayfolan en Dosis Solución Nutritiva	·L ⁻¹ agua	Altura de planta (cm)	Significación	
				5%	1%
I	7.5 mL A+3 mL B	·L ⁻¹ agua	39.00	a	a
II	5.0 mL A+2 mL B	·L ⁻¹ agua	29.65	b	b
III	2.5 mL A+1 mL B	·L ⁻¹ agua	19.65	c	c

Nota: Elaboración Propia.

Figura 49

Altura de planta (cm) para 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan en Dosis Solución Nutritiva.



Nota: Elaboración Propia.

Al analizar la Tabla 67, Figura 49 de la Prueba de Tukey de dosis 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan en dosis de solución nutritiva para peso seco de raíz se deduce que, la dosis 7.5 mL A+3 mL B·L⁻¹ agua con 39.00 cm fue superior a las demás dosis, siendo la dosis de 2.5 mL A + 1 mL B·L⁻¹ agua con 19.65 cm que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a la alta concentración de elementos nutritivos propuesto y recomendada en la solución hidropónica La Molina.

5.15. Discusión Altura de planta (cm)

Los resultados muestran diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en la altura de planta en función de la dosis de solución nutritiva, la dosis de abono foliar, y la interacción entre ambas. Esto indica que el crecimiento en altura del cilantro en sistema hidropónico NFT depende de manera conjunta y sinérgica de la nutrición radicular y foliar.

La mayor altura promedio se obtuvo con la combinación de 7.5 mL A + 3 mL B·L⁻¹ de solución nutritiva y 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan, con un valor de 39.00 cm, lo que superó ampliamente a las demás combinaciones. En contraste, la menor altura se obtuvo con la dosis más baja de solución nutritiva (2.5 mL A + 1 mL B·L⁻¹) y sin abono foliar (17.43 cm), lo que evidencia una clara respuesta al incremento en la disponibilidad de nutrientes.

Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Quipo (2016) en espinaca, donde las plantas tratadas con dosis más concentradas de solución nutritiva (6 mL A + 3 mL B) alcanzaron mayor altura, reflejando un crecimiento vegetativo más vigoroso. El patrón es similar en el presente estudio: las plantas de cilantro respondieron positivamente al aumento de nutrientes disponibles tanto en la solución como en el complemento foliar.

Asimismo, el estudio de Cajo (2016) con tres variedades de lechuga en sistema NFT también evidenció que la solución nutritiva tipo Steiner modificada permitió mayor desarrollo morfológico, incluyendo altura, en la variedad Crespa Verde. Este resultado apoya lo observado en esta investigación, ya que demuestra cómo una solución nutritiva bien formulada y adaptada puede mejorar el crecimiento vertical del cultivo, gracias a un suministro equilibrado de macro y micronutrientes.

En la misma línea, Ccahuana (2019) comprobó que la aplicación de biol líquido junto con soluciones hidropónicas en fresa tuvo efectos positivos en variables de crecimiento como el número de hojas y altura de planta. En nuestro caso, el uso del abono foliar Bayfolan

(que contiene aminoácidos, micronutrientes y fitohormonas) parece haber jugado un papel similar al del biol, potenciando el metabolismo vegetal y la elongación celular.

Por su parte, Manzano et al. (2018) encontraron que el potasio aplicado en exceso no siempre mejora la rentabilidad, pero sí influye en el desarrollo estructural del cultivo. Es probable que, en esta investigación, la adecuada formulación de la solución nutritiva con un equilibrio de potasio haya favorecido procesos fisiológicos clave como la turgencia celular y la fotosíntesis, traduciéndose en mayor altura.

En contraste, Quillahuamán (2019) no encontró mejoras significativas en la altura del FVH con Ormus, lo que refuerza la idea de que no todos los abonos orgánicos generan respuestas positivas si no se combinan con nutrientes minerales completos. Aquí, el Bayfolan actuó como un complemento eficiente y biodisponible para estimular el desarrollo vegetativo, especialmente en las dosis altas de solución nutritiva.

Además, el bajo coeficiente de variación ($CV = 2.01\%$) refuerza la confiabilidad de los datos obtenidos, indicando que las diferencias encontradas entre tratamientos son consistentes y no se deben al azar.

Finalmente, es importante destacar que Chávez y Mamani (2023) encontraron que la variedad y el sistema de cultivo afectan la altura en lechuga, siendo el sistema de raíz flotante más efectivo en ese caso. Sin embargo, nuestros resultados demuestran que, cuando se optimiza la nutrición, el sistema NFT también puede generar un crecimiento vertical sobresaliente, incluso en especies como el cilantro, tradicionalmente cultivadas.

Tabla 68

Longitud de raíz (cm)

Dosis Repet.	2.5mlA+1mlB/l agua			5.0mlA+2mlB/l agua			7.5mlA+3mlB/l agua			Total
	0.0ml	7.5ml	8.5ml	0.0ml	7.5ml	8.5ml	0.0ml	7.5ml	8.5ml	
	Bayfolan/l.agua	Bayfolan/l.agua	Bayfolan/l.agua	Bayfolan/l.agua	Bayfolan/l.agua	Bayfolan/l.agua	Bayfolan/l.agua	Bayfolan/l.agua	Bayfolan/l.agua	
I	10.6000	11.4000	11.8000	12.8000	16.3000	13.5000	13.5000	12.0000	14.5000	116.400
II	10.3000	10.9000	11.9000	13.4000	15.5000	13.0000	13.0000	13.0000	14.6000	115.600
III	11.1000	10.8000	12.1000	12.6000	16.2000	15.2000	12.5000	12.5000	14.8000	117.800
IV	11.0000	11.2000	12.1000	12.7000	15.8000	14.5000	12.0000	12.6000	13.8000	115.700
Suma	43.000	44.3000	47.9000	51.5000	63.8000	56.2000	51.0000	50.1000	57.7000	465.500
Promedio	10.7500	11.0750	11.9750	12.8750	15.9500	14.0500	12.7500	12.5250	14.4250	12.931
Macro y micronutrientes	2.5mlA+1mlB/l agua			5.0mlA+2mlB/l agua			7.5mlA+3mlB/l agua			465.5000 12.9306
	Suma =	135.2000		Suma =	171.5000		Suma =	158.8000		
	Promedio =	11.2667		Promedio =	14.2917		Promedio =	13.2333		
Dosis Abono foliar	0.0ml Bayfolan/l.agua			7.5ml Bayfolan/l.agua			8.5ml Bayfolan/l.agua			465.5000 12.9306
	Suma =	145.5000		Suma =	158.2000		Suma =	161.8000		
	Promedio =	12.1250		Promedio =	13.1833		Promedio =	13.4833		

Nota. Elaboración propia

Tabla 69*Parámetro de tendencia central y dispersión de los tratamientos -Longitud de raíz (cm)*

Macro y micronutrientes * Abonos foliares		Promedio	Valor Máximo	Valor Mínimo	Desviación estándar	Coefficiente de variabilidad
2.5mlA+1mlB/l agua	0.0ml Bayfolan/l.agua	10.750	11.100	10.300	0.370	3.44%
2.5mlA+1mlB/l agua	7.5ml Bayfolan/l.agua	11.075	11.400	10.800	0.275	2.49%
2.5mlA+1mlB/l agua	8.5ml Bayfolan/l.agua	11.975	12.100	11.800	0.150	1.25%
5.0mlA+2mlB/l agua	0.0ml Bayfolan/l.agua	12.875	12.400	12.600	0.359	2.79%
5.0mlA+2mlB/l agua	7.5ml Bayfolan/l.agua	15.950	16.300	15.500	0.370	2.32%
5.0mlA+2mlB/l agua	8.5ml Bayfolan/l.agua	14.050	15.200	13.000	0.988	7.03%
7.5mlA+3mlB/l agua	0.0ml Bayfolan/l.agua	12.750	13.500	12.000	0.646	5.06%
7.5mlA+3mlB/l agua	7.5ml Bayfolan/l.agua	12.525	13.000	12.000	0.411	3.26%
7.5mlA+3mlB/l agua	8.5ml Bayfolan/l.agua	14.425	14.800	13.800	0.435	3.02%

Nota. Elaboración propia**Tabla 70***ANOVA para longitud de raíz (cm)*

F de V	GL	SC	CM	Fc	Ft		Signif.
					5%	1%	
Bloques	3	0.3431	0.1144	0.4279	3.0088	4.7181	NS
Tratamientos	8	87.6589	10.957	40.9976	2.3551	3.3629	"
D. Sol. Nutr. (Mn)	2	56.5539	28.277	105.7998	3.4028	5.6136	"
D. Abono foliar (Af)	2	12.2206	6.1103	22.8619	3.4028	5.6136	"
Interacción Mm*Af	4	18.8844	4.7211	17.6643	2.7763	4.2184	"
Error	24	6.4144	2673				
Total	35	94.4164	CV =4.00 %				

Nota. Elaboración propia

De la Tabla 69 y Tabla 70 del ANOVA para longitud de raíz, se deduce que estadísticamente no existe diferencias estadísticas significativas entre bloques, confirmando que la distribución de repeticiones dentro del campo experimental fue homogénea. El coeficiente de variabilidad de 24.00% indica que los resultados evaluados muestran confiabilidad. Existe diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos,

dosís de soluciones nutritivas (Macro y micronutrientes), dosis de abono foliar (Bayfolan) e interacci3n dosis de soluciones nutritivas por dosis de abono foliar.

Tabla 71

Prueba de normalidad del modelo ANOVA-longitud de raíz (cm)

Shapiro-Wilks (modificado)					
Variable	n	Media	D.E	W*	Valor_p
RDUO Valo	36	0.00000	0.4300	0.98000	0.9636

Nota. Elaboraci3n propia

Tabla 72

Prueba Tukey de tratamientos para longitud de raíz (cm)

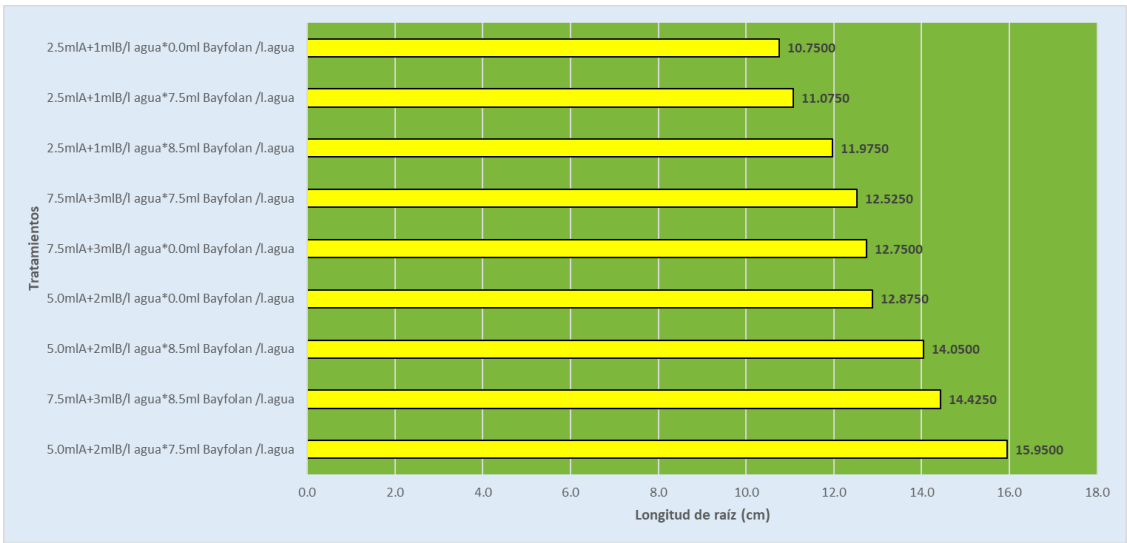
AMS (5%) = 1-24253					
Orden de Mérito	Tratamientos	Longitud de raíz (cm)	Significaci3n		
			5%	1%	
I	5.0mlA+2mlB/l agua	7.5ml Bayfolan/l.agua	15.9500	a	a
II	7.5mlA+3mlB/l agua	8.5ml Bayfolan/l.agua	14.4250	b	b
III	5.0mlA+2mlB/l agua	8.5ml Bayfolan/l.agua	14.0500	b c	b c
IV	5.0mlA+2mlB/l agua	0.0ml Bayfolan/l.agua	12.8750	c d	c d
V	7.5mlA+3mlB/l agua	0.0ml Bayfolan/l.agua	12.7500	d	c d
VI	7.5mlA+3mlB/l agua	7.5ml Bayfolan/l.agua	12.5250	d	d e
VII	2.5mlA+1mlB/l agua	8.5ml Bayfolan/l.agua	11.9750	d e	d e f
VIII	2.5mlA+1mlB/l agua	7.5ml Bayfolan/l.agua	11.0750	e	e f
IX	2.5mlA+1mlB/l agua	0.0ml Bayfolan/l.agua	10.7500	e	f

Nota. Elaboraci3n propia

De la Tabla 71 y Tabla 72, de Prueba de Tukey de tratamientos para longitud de raíz se deduce que, el tratamiento 5.0 mL A+2 mL B·L⁻¹ agua * 7.5 mL Bayfolan. l agua, con 15.9500 cm fue superior a los demás tratamientos; siendo el tratamiento 2.5 mL A+1 mL B·L⁻¹ agua * 0.0 mL Bayfolan·L⁻¹ agua con 10.7500 cm que ocup3 el 3ltimo lugar. Esta superioridad se debe a la combinaci3n adecuada de dosis de macro y micronutrientes de las soluciones nutritivas para el crecimiento de la raíz, asimismo, se debe al efecto del abono foliar Bayfolan.

Figura 50

Longitud de raíz (cm) para tratamientos.



Nota. Elaboración propia

Tabla 73

Prueba de Tukey de macro y microminutrientes para longitud de raíz (cm)

AMS (5%) $\approx$ 1.24253

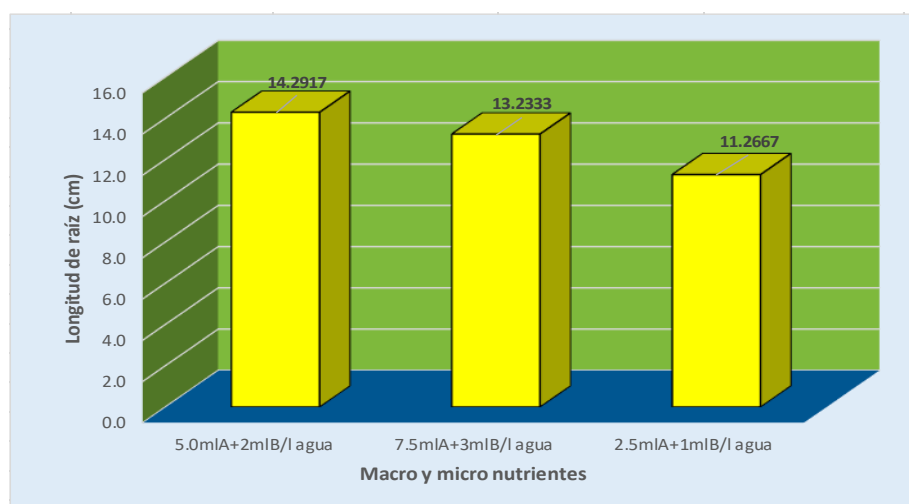
Orden de mérito	Macro y micronutrientes (Mm)	Longitud de raíz (cm)	Significación (5%)
I	5.0 mL A + 2 mL B/L agua	14.292	a
II	7.5 mL A + 3 mL B/L agua	13.233	b
III	2.5 mL A + 1 mL B/L agua	11.267	c

Nota. Elaboración propia

De la Figura 50 y Tabla 73, correspondientes a la prueba de Tukey para dosis de soluciones nutritivas (macro y micronutrientes), se observa que la dosis de 5.0 mL A + 2 mL B·L⁻¹ de agua presentó la mayor longitud de raíz (14.2917 cm), superando estadísticamente a las demás dosis; mientras que la dosis de 2.5 mL A + 1 mL B·L⁻¹ de agua registró el menor valor (11.2667 cm). Esta superioridad se atribuye a una adecuada concentración de macro y micronutrientes, que favorece el crecimiento radicular en condiciones hidropónicas.

Figura 51

Longitud de raíz (cm) para macro y micro nutrientes.



Nota. Elaboración propia

Tabla 74

Prueba Tukey de abonos foliares para longitud de raíz (cm)

AMS (5%) = 0.52707

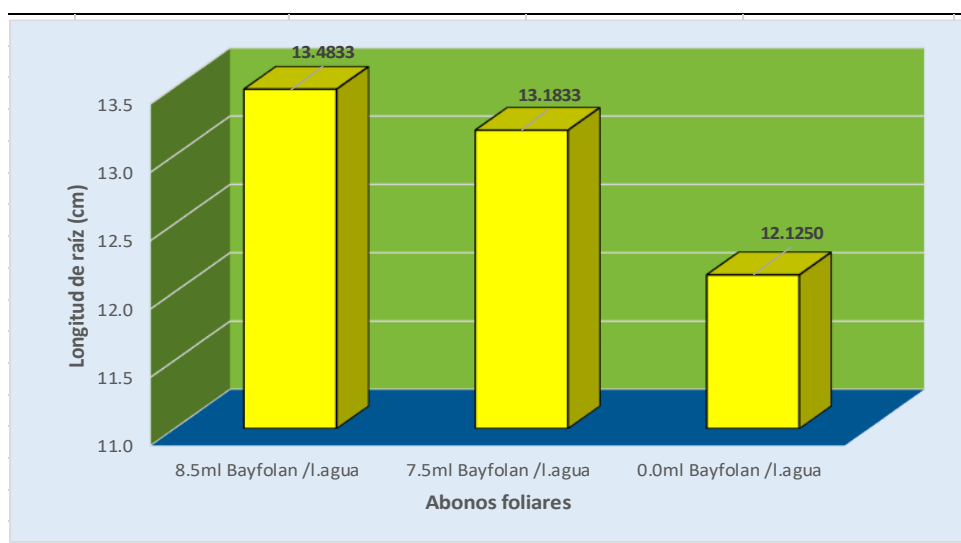
Orden de Merito	Abonos foliares	Longitud de raíz (cm)	Significación 5%	1%
I	8.5 mL Bayfolan/L.agua	13.4833	a	a
II	7.5 mL Bayfolan/L.agua	13.1833	a	a
III	0.0 mL Bayfolan/L.agua	12.1250	b	b

Nota. Elaboración propia

De la Figura 51 y Tabla 74, de la Prueba de Tukey de dosis abonos foliares para longitud de raíz se deduce que, la dosis 8.5 mL·L⁻¹ de Bayfolan, con 29.413.4833 cm fue superior a las demás dosis, siendo las dosis de 0.00 mL Bayfolan·L⁻¹ agua con solo 12.1250 cm que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe de alguna manera al contenido de elementos nutritivos del insumo llamado Bayfolan.

Figura 52

Longitud de raíz (cm) para abonos foliares.



Nota. Elaboración propia

Tabla 75

Prueba Tukey de la interacción de macro y micronutrientes abonos foliares -longitud de raíz

AMS (5%) =1.24253

AMS (1%) = 1.50161

Orden de Mérito	Macro y micronutrientes		Longitud de raíz (cm)	Significación	
				5%	1%
I	5.0mlA+2mlB/l agua	7.5ml Bayfolan/l.agua	15.9500	a	a
II	7.5mlA+3mlB/l agua	8.5ml Bayfolan/l.agua	14.4250	b	b
III	5.0mlA+2mlB/l agua	8.5ml Bayfolan/l.agua	14.0500	b c	b c
IV	5.0mlA+2mlB/l agua	0.0ml Bayfolan/l.agua	12.8750	c d	c d
V	7.5mlA+3mlB/l agua	0.0ml Bayfolan/l.agua	12.7500	d	c d
VI	7.5mlA+3mlB/l agua	7.5ml Bayfolan/l.agua	12.5250	d	d e
VII	2.5mlA+1mlB/l agua	8.5ml Bayfolan/l.agua	11.9750	d e	d e f
VIII	2.5mlA+1mlB/l agua	7.5ml Bayfolan/l.agua	11.0750	e	e f
IX	2.5mlA+1mlB/l agua	0.0ml Bayfolan/l.agua	10.7500	e	f

Nota. Elaboración propia

De la Figura 52 y Tabla 75, de la Prueba de Tukey de la interacción de macro y micronutrientes*abonos foliares para longitud de raíz se deduce que, la combinación 5.0 mL A+2 mL B · L⁻¹. agua*7,5 mL Bayfolan · L⁻¹. agua con 15.9500 cm fue superior a las demás combinaciones, siendo la combinación 2.5 mL A+1 mL B · L⁻¹. agua*0.0 mL Bayfolan · L⁻¹.

agua con sólo 10.7500 cm que ocupó el último lugar. Esta superioridad se debe a las dosis óptimas recomendadas por empresas productoras de los insumos agrícolas.

VII.CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

5.16. Conclusiones

Se concluye que:

- Las dosis de solución nutritiva y la aplicación de abono foliar ejercen una influencia significativa sobre la producción del cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum* L.). Los tratamientos con mayores niveles de solución nutritiva complementados con fertilización foliar mostraron un incremento en el peso fresco y seco del follaje, evidenciando que una adecuada disponibilidad de nutrientes mejora el rendimiento comercial del cultivo bajo condiciones hidropónicas.
- Que las dosis de solución nutritiva y la aplicación de abono foliar influyen significativamente en el crecimiento y desarrollo de la planta. Se observó que una mayor disponibilidad de nutrientes favorece variables como la altura de planta y el desarrollo radicular, promoviendo un sistema radicular más eficiente y una mejor absorción de agua y nutrientes, lo que contribuye al desarrollo integral del cultivo.

5.17. Sugerencias

Se recomienda:

- Que los productores y técnicos implementen el uso de dosis óptimas de solución nutritiva en combinación con la aplicación de abono foliar, dado que se ha demostrado su efecto positivo en el incremento del rendimiento del cultivo de cilantro. Asimismo, se sugiere ajustar las concentraciones de nutrientes de acuerdo con las condiciones específicas del sistema hidropónico utilizado, con el fin de maximizar la producción y eficiencia del cultivo.
- Promover un manejo adecuado de la nutrición mineral que incluya tanto la fertilización vía raíz como la foliar, debido a su influencia en el comportamiento agronómico del cultivo. Se sugiere además realizar monitoreos periódicos del crecimiento de las plantas y del estado del sistema radicular, con el propósito de optimizar la absorción de nutrientes y asegurar un desarrollo equilibrado del cultivo bajo condiciones hidropónicas.

.

VIII.BIBLIOGRAFÍA

- AGROUNICA. (2012, julio 21). Solución hidropónica La Molina. Asesoría Global Gap y Certificaciones Agrícolas. <https://www.agrounica.com/2012/07/solucion-hidroponica-la-molina.html>
- Avilés, W., Lozano, M., González, E., & Villalobos, S. (2019). *Comportamiento de Variedades e Híbridos de Cilantro (Coriandrum Sativum L.)*. 1-4. https://drive.google.com/file/d/1p01g5d_Pvkvagswj5guyxxbwqcqwtmuc/view
- Bayer Crop Science. (s.f.). *Bayfolan® Forte: Ficha técnica del producto (RSCO-0317/XI/98)*. Bayer de México, S.A. de C.V
- Beltrano, J., & Giménez, D. O. (S. F.-B). *Cultivo En Hidroponía*. Recuperado 20 De Julio De 2025, De <https://infolibros.org/libros-pdf-gratis/temas-varios/hidroponia/>
- Berna, M. C. (2014). *Desarrollo De Un Sistema Automatizado de Cultivo Hidropónico del Tipo Nft* [Pontificia Universidad Católica De Valparaíso- Chile, Escuela De Ingeniería Eléctrica]. [Http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-1500.UCC1541_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-1500.UCC1541_01.pdf)
- Brenes, L., & Jiménez, M. F. (2014). *Manual de Producción Hidroponía para Hortalizas de Hoja en Sistema NFT*. <https://infolibros.org/libros-pdf-gratis/temas-varios/hidroponia/>
- Cahuana, H. (2023). Evaluación de 3 Sistemas de Siembra de 2 Variedades de Culantro (Coriandrum Sativum L.) En Condiciones del Distrito De Pomacanchi- Acomayo-Cusco.
- Cajo, A. (2016). *“Producción Hidropónica De Tres Variedades De Lechuga (Lactuca Sativa L), Bajo El Sistema NFT, Con Tres Soluciones Nutritivas.”* [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/026e682b-7003-4c3b-aa21-9afee7ee33d2/content>
- Carrasco, G. (1996). *Manual Técnico La Empresa Hidropónica De Mediana Escala: La Técnica De La Solución Nutritiva Recirculante («NFT»)*. https://drive.google.com/file/d/0bzrlczgwqcauz3fvtdzjt2fqrFu/view?resourcekey=0-91ikekb7or_Bkj8b7tdkew
- Ccahuana, R. (2019). *Soluciones Nutritivas Y Biol En Producción De Fresa (Fragaria Ananassa Duch) Mediante Sistema Hidropónico Recirculante NFT*. https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918.4969.253T20190752_TC.pdf?sequence=1&isallowed=Y
- Chávez, R. O., & Mamani, E. E. (2023). Comportamiento de Tres Variedades de Lechuga (Lactuca Sativa L.) Bajo Dos Técnicas Hidropónicas Utilizando Efluentes de Trucha (*Oncorhynchus Mykiss*) Como Una

- Solución Nutritiva Orgánica en Vivero Ucsm-Sachaca-Arequipa 2022 [Universidad Católica De Santa María]. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/36db1af1-f9e9-4a15-ad38-11a170c4e0c0/content>
- Durán, J. A., Cutipa, D. Z., Quispe, H. P., Amézaga, C. R., & Salcedo, A. T. (2016). *Guía de construcción y manejo de invernaderos para la producción de hortalizas y frutas en zonas alto andinas*. <https://cbc.org.pe/wp-content/uploads/2020/03/guiaeinvernaderos.pdf>
- Estrada, E., García, M., Cardozo, C., Gutiérrez, A., Baena, D., Salvador, M., & Vallejo, F. (2004). *Cultivo del Cilantro Variedad Unapal Precoso*. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal.51967.958095190.pdf?sequence=1&isallowed=Y>
- Fuentes, C. E. (2018). *“Evaluación Económica Del Cultivo De Lactuca Sativa En Sistema Hidropónico Bajo Invernadero En Puerto Aysén, Región De Aysén”*. [Universidad Austral De Chile, Facultad De Ciencias Agrarias, Escuela De Agronomía]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2018/faf954e/doc/faf954e.pdf>
- Geovanny, E. (2023). “Evaluación del Comportamiento del Cilantro (*Coriandrum Sativum*) Bajo Diferentes Niveles De Nitrógeno En El Cantón Colta, Provincia De Chimborazo” [Universidad Técnica De Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/df279dc3-38dc-429a-8927-30b96068d81b/content>
- González Pérez, E. (S. F.). Cilantro (*Coriandrum Sativum* L.) Un Cultivo Ancestral Con Potencial Sub-Utilizado.
- Googlemap. (2025). *Mapa distrito de San Jerónimo cusco—Buscar con Google*. <https://www.google.com/search?q=mapa+distrito+de+san+jeronimo+cusco>. https://www.google.com/search?q=mapa+distrito+de+san+jeronimo+cusco&sca_esv=e2fb2748a0591637&sxsrf=AE3TifMM0DKOSQkBJWaoMy78Y5Va3DmZBg%3A1765502134139&ei=tmw7acqhCJ3M1sQP96qR0A8&ved=0ahUKEwjK1Lj877aRAxUdppUCHXdVBPoQ4dUDCBE&uact=5&oq=mapa+distrito+de+san+jeronimo+cusco&gs_lp=Egxnd3Mtd2l6LXNlcniAil21hcGEgZGlzdHJpdG8gZGUgc2FulGplcm9uaW1vIGN1c2NvMgYQABgHGB4yAhAmMglIQJlICECYyBRAAGO8FSKEeUPYPWOWZcAJ4AZABAJgBqAGgAaUFqgEDMC41uAEDyAEA-AEBmAlGoAKdBMICChAAGLADGNYEGEfCAgcQlxiwAhgnwglHEC4YgAQYDclCCBAAGAUyDRgewglIEAAYgAQYogTCAhYQLhiABBgNGJcFGNwEGN4EGOAE2AEBmAMAIAYBkAYlugYGCAEQARgUkgcDMi40oAfJI7IHZAuNLgHkQTCBwcwLjMuMi4xyAcXgAgA

&sclient=gws-wiz-serp

- Guzmán, S., Villalobos, S., Escobedo, D., & Gonzáles, E. (2018). *Componentes Agronómicos y Diversidad en el Patrón de Ácidos Grasos en Líneas Avanzadas de Cilantro*. Documentos%20bibliograficos.Admin,+Editor_A+De+La+Revista,+12)Art498-18.Pdf
- Haydee, B., & Maza, C. (S. F.). Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco Facultad De Agronomía Y Zootecnia Escuela Profesional De Agronomía.
- Hortus. (2026). *Culantro Santo x 400 gr – Mi cosecha semillas*.
<https://micosechasemillas.com/producto/culantro-santo-x-400-gr/>
- Ingar-De la Cruz, L. M., Toledo-Choquehuanca, J. JM., Quispe-Condori, A., Andrés-Orizano, J. Ä., Ortiz-Morera, N. C., Ramirez-Rojas, M. A., Macavilca-Villar, P. M., Solórzano-Acosta, R. A., & Cruz-Luis, J. A. (2023). *Guia de cultivos hidroponicos* (Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)).
<https://repositorio.inia.gob.pe/items/50379be8-3301-4465-9649-fd3b70f17ac1/full>
- INTAGRI. (2021). *Instituto Para La Innovación Tecnológica En Agricultura*. 1-4. <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/el-cultivo-de-cilantro>
- Leal, K. (2018). *Mejoramiento Genético Para La Obtención De Poblaciones De Cilantro (Coriandrum Sativum L.)* [Universidad Nacional De Colombia].
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal.68863/tesis%20karol%20andrea%20leal%20vasquez.pdf?sequence=1>
- Leyva Abascal, L., Luna-Guevara, M. L., López-Olguín, J. F., Juárez-Ramón, D., & Ortega, Y. (2023). *Cultivo, Cosecha y Postcosecha en el Sistema Productivo Cilantro (Coriandrum Sativum L.)*. *Agricultura, Sociedad Y Desarrollo*, 20(3).
<https://doi.org/10.22231/asyd.v20i3.1549>
- Lubbert, J. P. (2016). *“Análisis, Diseño y Construcción de un Sistema Hidropónico Automatizado para Autoconsumo de Vegetales y Plantas Ornamentales”* [Universidad De Chile, Facultad De Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Industrial].
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250.140623/analisis-diseno-y-construccion-de-un-sistema-hidroponico-automatizado-para-autoconsumo-de-vegetales.pdf?sequence=1>
- Manzano, J. C., Lindao, V. A., Cabezas, A., Yáñez, J., Cevallos, J. P., Erazo, N., & Mora, L. (2018). Evaluación De Tres Dosis De Potasio En La Producción De Lechuga (*Lactuca Sativa* L. Var. Crispa) Bajo El Sistema Hidropónico Recirculante NTF Bajo Invernadero. *European Scientific Journal ESJ*, 14(36), 1-13.
<https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n36p92>

- Marulanda, C., & Izquierdo Juan. (2003). *La Huerta Hidropónica Popular Curso Audiovisual* (Oficina Regional De La FAO Para América Latina Y El Caribe, Ed.). <https://infolibros.org/libros-pdf-gratis/temas-varios/hidroponia>.
- Mejía, M. S., Marín, G., & Menjivar, J. C. (2014). *Respuesta Fisiológica De Cilantro (Coriandrum Sativum L.) A La Disponibilidad De Agua En El Suelo*. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/39826/46170
- Muñoz, E. (2016). *“Rendimiento Del Cultivo De Sacha Culantro (Eryngium Foetidum L.) En un Sistema Hidropónico con Tres Sustratos En Tingo María”* [Universidad Nacional Agraria De La Selva]. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c3a22a94-7bfb-489f-baf4-1b86a4f32433/content>
- OASIS EASY PLANT. (S. F.). *Manual de Hidroponía* (Pp. 1-32). Recuperado 17 De Julio De 2025, De <https://cecytezac.edu.mx/pdf/pci/manual-hidroponia.pdf>
- Ortega, T., Emilia, M., & Accame, C. (2019). *Cilantro*. 1-6. https://www.farmaceuticos.com/wp-content/uploads/2020/11/PAM_428_10_Plantas-Medicinales.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Ortiz, C. (2020). *“Cultivo Hidropónico De Cebollín, Culantro, Lechuga, Albahaca Y Cebolla: Una Forma Casera De Producción”*. Ecuador, Salesianos Don Bosco, 1-5. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20799/1/Rev_Ju_v_Cie_Sol_0805.pdf
- PLANTOT, P. Para el Análisis y la Conciencia De La Vegetación Urbana. (2006). *Manual de Siembra y Aprovechamiento del Cilantro*. <https://www.jstk.org/proyectos/plantot/manuales/cilantro/cilantro.pdf>
- Quillahuaman, A. F. (2019). Tesis “Producción Del Forraje Verde Hidropónico Con La Utilización de Tres Tipos de Ormus en El Centro Agronomico K’Ayra - Cusco” [Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco, Facultad De Ciencias Agrarias, Escuela Profesional De Zootecnia]. https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918.4732.253T20190666_TC.pdf?sequence=1&isallowed=Y
- Quipo, R. (2016). Efecto de Tres Dosis de Soluciones Nutritivas En La Producción de Dos Variedades de Espinaca (*Spinacia Oleracea* L.) Mediante El Sistema Hidropónico de Raíz Flotante En K’ayra – Cusco. [Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía]. https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918.1724.253T20160260_TC.pdf?sequence=3&isallowed=Y

- Rodríguez Delfín, A. (S. F.-A). *Sistema Recirculante O NFT*. 1-7. Recuperado 20 de Julio de 2025. https://www.lamolina.edu.pe/pruebas1.2023/plataforma_hidropoia/assets/docs/SISTEMA_NFT.Pdf
- Rojas Bermúdez, H. F., Mejía Gómez, J. F., Lamus Molina, V., Cabezas Burbano, L. F., & Leal Vásquez, K. A. (2025). Evaluación de la producción de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) y tilapia roja (*Oreochromis* sp.) como una alternativa a los procesos de producción agropecuaria en un sistema acuapónico. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 16(2), 241-259. <https://doi.org/10.22490/21456453.8778>
- Salcedo, S., & Guzmán, L. (2014). Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política. *FAO*.
- Sirleide, M. D. M., Ferreira, G. D. S., Mesquita, M. D. S., Florentino, J. E. D. M., Amilton, J. S. J., Menezes, D., & Monteiro, M. R. (2020). Fertirrigación continua y pulsada sobre la producción de masa seca y acumulación de nutrientes en cilantro. *DYNA*, 87(212), 18-25. <https://doi.org/10.15446/dyna.v87n212.78569>
- Solórzano, J., & Llor, J. (2022).” Método Hidropónico En La Producción del Cultivo de Cilantro Hydroponic Method In The Production Of The Coriander Crop. *Revista Sinapsis*, 1, 1-11. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8627139>
- Valle, A. A. (2021). “Eficacia De Tres Soluciones Nutritivas Mediante Hidroponía A Raíz Flotante En La Producción De Lechuga (*Lactuca Sativa* L.) Var. Crispa En Invernadero” [Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Carrera Agronomía]. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/8080/server/api/core/bitstreams/128c4eb3-1bac-46dd-957c-c05b5726283f/content>
- Zárate, M. (2014). *Manual de Hidroponía*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment_data/file/232367/Manual_De_Hidroponia.Pdf

ANEXOS

Figura 53

Zarandeo de sustrato orgánico (turba).



Figura 54

Vasitos de Tecnopor con turba listo para siembra de cilantro.



Figura 55

Plantulas de cilantro después del trasplante.



Figura 56

Cilantro en Pleno Crecimiento



Figura 57

Evaluación del cultivo de cilantro para la cosecha al estado fenológico de madurez comercial.



Figura 58

Medición de la planta en pleno crecimiento



Figura 59

Medición de la planta en la cosecha



Figura 60

Pesaje fresco de la raíz del cilantro



Figura 61

Pesaje y medición del Cilantro

