

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Efecto de cinco dosis de solución nutritiva en el cultivo de berros hidropónicos

(*Nasturtium officinale*) en condiciones de Pachacamac – Lima

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autores:

Bach. Lizbeth Jessica Capcha Martel

Bach. Katterin Meliza Leon Espiritu

Asesor:

MSc. Josué Hernan Inga Ortiz

Cerro de Pasco – Perú – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Efecto de cinco dosis de solución nutritiva en el cultivo de berros hidropónicos

(*Nasturtium officinale*) en condiciones de Pachacamac – Lima

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Fernando James ALVAREZ RODRIGUEZ
PRESIDENTE

Mg. Moisés TONGO PIZARRO
MIEMBRO

Mg. Alfredo Exaltación CONDOR PEREZ
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 033-2026/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

CAPCHA MARTEL, Lizbeth Jessica
LEON ESPIRITU, Katterin Meliza

Escuela de Formación Profesional
Agronomía – Pasco

Tipo de trabajo
Tesis

Efecto de cinco dosis de solución nutritiva en el cultivo de berros hidropónicos (*Nasturtium officinale*) en condiciones de Pachacamac – Lima

Asesor
MSc. INGA ORTÍZ, Josué Hernán

Índice de similitud
9 %

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 26 de junio de 2026



Firmado digitalmente por HUANES
TOVAR Luis Antonio FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 26.06.2026 08:05:13 -05:00

Firma Digital
Director UIFCCAA

c.c. Archivo
FCPR/UIFCCAA

DEDICATORIA

Dedicamos el presente trabajo de investigación a Dios, por ser esa fuerza espiritual que nos sostiene en cada desafío que nos tocó enfrentar; a nuestros padres, por su apoyo constante e incondicional, por enseñarnos los valores y disciplina, por sus palabras de motivación y ser mi ejemplo a seguir, y por último, a nosotras mismas, porque cuando perseguimos lo que amamos, no hay barreras insuperables ni sueños demasiado distantes para alcanzar.

Lizbeth y Katterin

AGRADECIMIENTO

Queremos comenzar por agradecer a nuestra alma mater la “Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión”, por habernos brindado la formación académica a lo largo de estos años.

Asimismo, mi especial reconocimiento a mis profesores de la escuela de Agronomía Cerro de Pasco, por compartir sus conocimientos y experiencias para orientarnos en el proceso de formación con ética profesional.

Nuestra sincera gratitud al Mg. Sc. Josué Hernán Inga Ortiz, asesor de tesis, por compartir generosamente su tiempo, experiencia, conocimientos y sabias recomendaciones para guiar el desarrollo de esta investigación.

A nuestros queridos padres, por ser fieles ejemplo de amor incondicional y estar con nosotras siempre, aún en el momento que atravesamos difíciles etapas, sus alientos siempre serán nuestra fortaleza para recuperarnos.

A la empresa Vermi. SAC, por brindarnos sus ambientes para la ejecución de la presente tesis.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de cinco dosis de solución nutritiva en el cultivo hidropónico de berros (*Nasturtium officinale*) bajo condiciones climáticas de Pachacamac – Lima, durante enero a marzo de 2025. La investigación fue aplicada y experimental, con Diseño Completamente al Azar (DCA), cinco tratamientos y 150 plantas por tratamiento. Los tratamientos evaluados fueron Sol. ML 1X, Sol. ML ½ X, Sol. UNALM 1X, Sol. UNALM 2X y Bayfolan 1X. Los resultados evidenciaron adecuado prendimiento en todos los tratamientos, con mortandad baja de 1 a 2 %. El tratamiento T1 (Sol. ML 1X) presentó el mejor comportamiento agronómico, con mayor altura de planta (63.65 cm), número de hojas (22.65), peso fresco aéreo (13.10 g) y diámetro basal del tallo (3.81 mm). En peso fresco radicular y área foliar destacaron T1 y T3 (Sol. UNALM 1X), con promedios superiores. Todos los tratamientos alcanzaron precocidad comercial favorable, permitiendo la cosecha a los 25 días. En sanidad vegetal se observó baja incidencia de enfermedades, con presencia leve de *Alternaria* sp. y severidad menor al 4 %. Respecto al contenido de hierro en hojas, T3 (Sol. UNALM 1X) registró la mayor concentración con 410.1 ppm, seguido de T2 (384.1 ppm), T1 (369.9 ppm) y T4 (270.2 ppm). Los hallazgos sugieren que el manejo nutricional adecuado optimiza productividad, calidad e inocuidad del cultivo. Se concluye que ML 1X favorece el rendimiento comercial, mientras que UNALM 1X mejora la calidad nutricional del berro hidropónico producido en condiciones áridas de la costa central peruana local.

Palabras clave: Solución mineralizada, Crecimiento vegetativo, Producción comercial, Sanidad vegetal.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of five nutrient solution doses on the hydroponic cultivation of watercress (*Nasturtium officinale*) under the climatic conditions of Pachacamac, Lima, from January to March 2025. The research was applied and experimental, using a Completely Randomized Design (CRD), with five treatments and 150 plants per treatment. The treatments evaluated were 1X ML solution, 1/2X ML solution, 1X UNALM solution, 2X UNALM solution, and 1X Bayfolan. The results showed adequate establishment in all treatments, with low mortality of 1 to 2%. Treatment T1 (1X ML solution) exhibited the best agronomic performance, with the greatest plant height (63.65 cm), number of leaves (22.65), aboveground fresh weight (13.10 g), and basal stem diameter (3.81 mm). In terms of root fresh weight and leaf area, T1 and T3 (UNALM 1X solution) stood out, with higher averages. All treatments achieved favorable commercial earliness, allowing harvest at 25 days. Plant health showed a low incidence of diseases, with a slight presence of *Alternaria* sp. and a severity of less than 4%. Regarding leaf iron content, T3 (UNALM 1X solution) registered the highest concentration at 410.1 ppm, followed by T2 (384.1 ppm), T1 (369.9 ppm), and T4 (270.2 ppm). The findings suggest that proper nutritional management optimizes crop productivity, quality, and safety. It is concluded that ML 1X favors commercial yield, while UNALM 1X improves the nutritional quality of hydroponic watercress produced under the arid conditions of the local central coast of Peru.

Keywords: mineralized solution, vegetative growth, commercial production, plant health.

INTRODUCCIÓN

El berro (*Nasturtium officinale*) es una planta acuática perenne perteneciente a la familia de las Brassicaceae, ampliamente valorada por su alto contenido nutricional y propiedades medicinales. Originaria de Europa y Asia, esta hortaliza se ha integrado en diversas culturas gastronómicas debido a su sabor distintivo y beneficios para la salud (Rosero, 2015).

El berro destaca por su elevado contenido de vitaminas A, C y K, así como minerales esenciales como calcio, hierro y potasio. Estas características lo posicionan como un "superalimento" que contribuye a una dieta equilibrada y saludable, apoyando diversas funciones corporales y reduciendo el riesgo de enfermedades crónicas (INIA, 2024).

La hidroponía es una técnica de cultivo sin suelo que utiliza soluciones nutritivas para proporcionar a las plantas los nutrientes necesarios para su desarrollo. Este método ofrece ventajas significativas, como un uso más eficiente del agua y la posibilidad de cultivar en áreas con limitaciones de suelo agrícola (Choque, 2017). En el caso del berro, la hidroponía permite un crecimiento rápido y limpio, facilitando su manejo postcosecha y garantizando la inocuidad del producto al evitar su contacto con fuentes de contaminación como la *Fasciola hepática* (INIA, 2024).

La composición y concentración de la solución nutritiva son factores determinantes en el rendimiento y calidad de los cultivos hidropónicos. Estudios han demostrado que diferentes niveles de aireación y concentración de nutrientes en la solución pueden afectar significativamente el crecimiento, contenido de nitratos y fenoles, así como la capacidad antioxidante del berro (Fernández, 2013). Por ejemplo, una mayor aireación de la solución nutritiva ha mostrado mejorar el crecimiento aéreo y radicular de la planta, además de reducir el contenido de nitratos en las hojas (Niñirola, 2013).

Pachacamac, ubicado en la provincia de Lima, Perú, presenta condiciones climáticas favorables para el cultivo de hortalizas. La implementación de sistemas hidropónicos en esta región puede ofrecer soluciones eficientes frente a la escasez hídrica y la limitada disponibilidad de tierras agrícolas. Además, la proximidad a mercados urbanos facilita la comercialización de productos frescos y de alta calidad.

La evaluación del efecto de diferentes dosis de solución nutritiva en el cultivo hidropónico de berros en condiciones específicas de Pachacamac es esencial para optimizar la producción local. Este estudio buscó identificar las concentraciones óptimas de nutrientes que maximicen el rendimiento y la calidad del berro, adaptándose a las particularidades ambientales de la región y contribuyendo al desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles y rentables.

La tesis está estructurada de la siguiente manera: el capítulo I presenta el problema de investigación, los objetivos, las justificaciones y limitaciones; el capítulo II describe los antecedentes y las bases teóricas, el planteamiento de la hipótesis y la definición operacional de las variables e indicadores; el capítulo III, presenta la metodología y técnicas de investigación, el capítulo IV presenta los resultados y discusión y finalmente conclusiones y recomendaciones.

ÍNDICE

Página.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	3
1.2.1.	Delimitación espacial.....	3
1.2.2.	Delimitación temporal	3
1.2.3.	Delimitación social	3
1.3.	Formulación del problema	3
1.3.1.	Problema general	3
1.3.2.	Problemas específicos	3
1.4.	Formulación de objetivos.....	4
1.4.1.	Objetivo general.....	4
1.4.2.	Objetivos específicos	4
1.5.	Justificación de la investigación	4
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio.....	6
2.2.	Bases teóricas científicas	10
2.2.1.	Origen y taxonomía.....	10
2.2.2.	Morfología	10
2.2.3.	Requerimiento edafoclimático	12
2.2.4.	Manejo del cultivo	13
2.2.5.	Sistema hidropónico.....	14
2.2.6.	Solución nutritiva.....	14
2.2.7.	Solución nutritiva para berros	15
2.3.	Definición de términos básicos	16
2.4.	Formulación de hipótesis	17
2.4.1.	Hipótesis general.....	17
2.4.2.	Hipótesis específicas	17
2.5.	Identificación de variables	17
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	17

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	18
3.2.	Nivel de investigación.....	18
3.3.	Métodos de investigación	18
3.4.	Diseño de investigación	19
3.5.	Población y muestra.....	20
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20

3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	20
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	21
3.9.	Tratamiento estadístico	21
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica	22
3.10.1.	Autoría	22
3.10.2.	Originalidad	22

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	23
4.1.1.	Ubicación del campo experimental.....	23
4.1.2.	Ubicación Política.....	23
4.1.3.	Ubicación Geográfica	23
4.1.4.	Análisis de suelos.....	24
4.1.5.	Datos meteorológicos.....	24
4.1.6.	Conducción del experimento	25
4.1.7.	Registro de datos.....	26
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	28
4.2.1.	Porcentaje de mortandad (%).....	28
4.2.2.	Altura de planta a los 90 días (cm)	29
4.2.3.	Número de hojas por planta a los 90 días (nº)	30
4.2.4.	Peso fresco de la parte aérea a los 90 días (g).....	32
4.2.5.	Peso fresco radicular a los 90 días (g)	33
4.2.6.	Área foliar a los 90 días (cm ²)	35
4.2.7.	Diámetro de tallo basal a los 90 días (mm).....	36
4.2.8.	Plagas y enfermedades	38

4.2.9. Precocidad (días).....	38
4.2.10. Contenido de hierro en hojas	39
4.3. Prueba de hipótesis	40
4.4. Discusión de resultados.....	40
4.4.1. Porcentaje de mortandad.....	40
4.4.2. Altura de planta.....	41
4.4.3. Número de hojas por planta	42
4.4.4. Peso fresco de la parte aérea	43
4.4.5. Peso fresco radicular	43
4.4.6. Área foliar	44
4.4.7. Diámetro basal de tallo	45
4.4.8. Plagas y enfermedades	46
4.4.9. Precocidad (días).....	47
4.4.10. Contenido de hierro en hojas	47

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Pagina.
Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables.....	17
Tabla 2. Tratamientos en estudio, cultivo de berro.....	21
Tabla 3. Contenido de la solución ABC	22
Tabla 4. Precipitación mensual en Lima, periodo 2025.....	24
Tabla 5. Porcentaje de mortandad (%).....	28
Tabla 6. Análisis de variancia para altura de planta a los 90 días (cm)	29
Tabla 7. Prueba de Tukey para altura de planta a los 90 días (cm)	29
Tabla 8. Análisis de variancia para número de hojas por planta a los 90 días (n°).....	30
Tabla 9. Prueba de Tukey para número de hojas por planta a los 90 días (n°).	31
Tabla 10. Análisis de varianza para peso fresco de la parte aérea a los 90 días (g)	32
Tabla 11. Prueba de Tukey peso fresco de la parte aérea a los 90 días (g).....	32
Tabla 12. Análisis de varianza para peso fresco radicular a los 90 días (g)	33
Tabla 13. Prueba de Tukey para peso fresco radicular a los 90 días (g).....	34
Tabla 14. Análisis de varianza para área foliar a los 90 días (cm ²)	35
Tabla 15. Prueba de Tukey para área foliar a los 90 días (cm ²)	35
Tabla 16. Diámetro basal de tallo a los 90 días (mm)	36
Tabla 17. Prueba de Tukey para diámetro basal de tallo a los 90 días (mm)	37
Tabla 18. Registro de plagas y enfermedades.....	38
Tabla 19. Días a la producción de plantas lista para la cosecha	38

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pagina.
Figura 1. Croquis experimental.....	19
Figura 2. Detalles de la parcela.....	20
Figura 3. Altura de planta a los 90 días (cm).....	30
Figura 4. Número de hojas por planta a los 90 días (n°)	31
Figura 5. Peso de la parte aérea a los 90 días (g).....	33
Figura 6. Peso fresco radicular a los 90 días (g).....	34
Figura 7. Área foliar por planta a los 90 días (cm ²).....	36
Figura 8. Diámetro basal de tallo a los 90 días (mm)	37
Figura 9. Concentración de Fe en hojas (ppm)	39

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El crecimiento demográfico mundial plantea desafíos significativos en la producción de alimentos a gran escala. La agricultura convencional enfrenta limitaciones debido a la contaminación de suelos y al cambio climático, lo que afecta la disponibilidad y calidad de las tierras cultivables (Marcos, 2021). En este contexto, la hidroponía emerge como una alternativa viable para la producción sostenible de alimentos, especialmente en áreas con recursos hídricos limitados y condiciones climáticas adversas (Radio, 2024).

El berro es una planta reconocida por su alto valor nutricional, destacando su contenido en vitaminas A, C y K, así como en minerales esenciales como hierro, calcio y magnesio. Estos nutrientes contribuyen a diversas funciones fisiológicas, incluyendo el fortalecimiento del sistema inmunológico y la salud ósea (Schuchardt, 2019). Además, el berro contiene antioxidantes y compuestos sulfurosos con propiedades anticancerígenas, lo que refuerza su relevancia en la medicina tradicional y en dietas orientadas a la prevención de enfermedades crónicas (Schuchardt, 2019). En la

gastronomía, su sabor distintivo lo convierte en un ingrediente apreciado en la preparación de ensaladas, sopas y otros platos, siendo ampliamente aceptado por los consumidores (Schuchardt, 2019).

En áreas urbanas densamente pobladas, como Lima, la disponibilidad de espacios para la agricultura tradicional es limitada. La hidroponía ofrece una solución al permitir la producción intensiva de vegetales en espacios reducidos, garantizando productos de alta calidad y frescura (Radio, 2024). Esta técnica agrícola no solo optimiza el uso del espacio, sino que también mejora la eficiencia en el uso del agua, aspecto crucial en regiones áridas o con recursos hídricos escasos (Radio, 2024).

Pachacamac, ubicada en la periferia de Lima, presenta condiciones climáticas áridas que dificultan la agricultura convencional. La implementación de sistemas hidropónicos en esta zona podría mitigar las restricciones impuestas por el clima y la escasez de agua. Sin embargo, la falta de información precisa sobre las concentraciones óptimas de soluciones nutritivas que maximicen el rendimiento y la calidad del cultivo de berro representa un desafío significativo. Además, factores como las altas temperaturas, baja humedad relativa y radiación solar intensa requieren adaptaciones específicas en el manejo de los cultivos (Radio, 2025). La adopción limitada de tecnologías hidropónicas en zonas periurbanas y los costos asociados al manejo de soluciones nutritivas son obstáculos adicionales que deben abordarse para garantizar la viabilidad y sostenibilidad de estos sistemas en Pachacamac.

Determinar las dosis óptimas de soluciones nutritivas es esencial para maximizar el rendimiento y la calidad del berro en sistemas hidropónicos. Una gestión adecuada de los nutrientes no solo mejora la productividad, sino que también contribuye a la sostenibilidad del sistema al optimizar el uso de recursos y minimizar el impacto ambiental. La investigación en este ámbito es crucial para desarrollar prácticas

agrícolas más eficientes y adaptadas a las condiciones específicas de regiones como Pachacamac.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

Esta investigación se llevó a cabo en el lugar denominado Pachacamac, distrito de Pachacamac, provincia y región Lima, la ubicación geográfica se encuentra a una elevación de 75 m.s.n.m, latitud sur: 12°13'48" S; latitud oeste: 76°51'33" y sus coordenadas UTM son: N 8644825 y E 292700.

1.2.2. Delimitación temporal

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo durante los meses de enero del 2025 hasta el mes de marzo del 2025.

En el sistema hidropónico se puede sembrar el cultivo de berro todo el año, por lo que el proyecto se inició en enero por la disponibilidad de material vegetativo y de recursos económicos.

1.2.3. Delimitación social

Para la realización de esta investigación se trabajó con el equipo humano; quienes fueron el asesor de la tesis y las tesoristas quienes condujeron el presente trabajo de investigación.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuáles es el efecto de cinco dosis de solución nutritiva en el cultivo de berros hidropónicos (*Nasturtium officinale*) en condiciones de Pachacamac - Lima?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cómo serán las características agronómicas del cultivo de berros en el sistema hidropónico?

¿Cómo será la precocidad del cultivo de berros en el sistema hidropónico?

¿Cuál será el contenido de hierro en plantas de berros hidropónicos producido con diferentes soluciones nutritivas?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el efecto de cinco dosis de solución nutritiva en el cultivo de berros hidropónicos (*Nasturtium officinale*) en condiciones de Pachacamac - Lima.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar las características agronómicas del cultivo de berros en el sistema hidropónico.
- Determinar la precocidad del cultivo de berros en el sistema hidropónico.
- Determinar el contenido de hierro en plantas de berros hidropónicos producido con diferentes soluciones nutritivas.

1.5. Justificación de la investigación

- Permitirá profundizar, explicar y analizar la problemática del cultivo de berros en el sistema hidropónico.
- Permitirá fundamentar las razones de porque se debe cultivar berros en el sistema hidropónico.
- Aportará al conocimiento científico sobre la producción de berros en sistema hidropónico.
- Se demostrará científicamente como el sistema hidropónico influyen en la precocidad del cultivo de berros.
- Permitirá incrementar el rendimiento y la producción del cultivo de berros en condiciones hidropónicas.

1.6. Limitaciones de la investigación

- Presencia del cambio climático y variación en la temperatura ambiental.
- Distancia del campo experimental.
- Financiamiento económico para la ejecución del proyecto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

En Pachacamac Lima, no se han realizado trabajos de investigación en sistemas hidropónico, sin embargo, en otras latitudes existen trabajos en berros hidropónica.

Campos (2024) mencionan que, la acuaponía desacoplada, que combina acuicultura e hidroponía, surge como una alternativa sostenible para enfrentar los desafíos de la producción de alimentos derivados de la expansión demográfica. Este estudio evaluó el desarrollo del berro (*Nasturtium officinale*) cultivado con aguas residuales de tanques de peces bordado (*Squalius alburnoides*) a diferentes densidades. Se analizaron parámetros físico-químicos del agua, como pH, oxigenación y nutrientes, además de la carga microbiológica. Las aguas residuales se usaron como riego en hidroponía, evaluando el crecimiento de las plantas. También se compararon las características nutricionales del berro comercial y el hidropónico. Los resultados mostraron que, aunque la calidad del agua fue estable, las altas densidades de peces aumentaron su mortalidad, exigiendo más oxigenación. Las plantas mostraron un crecimiento inicial lento, seguido de una tendencia positiva hasta estabilizarse. El

estudio destaca el potencial de la acuaponía para la sostenibilidad alimentaria, aunque requiere optimización para maximizar su eficacia.

Osses et al., (2010) en la investigación “Efecto de diferentes dosis de una mezcla Peroxiacética en el rendimiento y calidad de berro hidropónico (*Nasturtium officinale* R. Br.) cultivado en primavera” reporta que la investigación evaluó el efecto de diferentes dosis de mezcla peroxiacética en la productividad del berro de agua cultivado en un sistema hidropónico con solución nutritiva estática durante la primavera. En horticultura protegida, la química verde busca generar subproductos biodegradables amigables con el medio ambiente. En hidroponía, estas mezclas, además de ser sostenibles, mejoran la oxigenación radicular, lo que beneficia a los productores que recirculan la solución nutritiva. El experimento, realizado entre agosto y diciembre de 2009, utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos (0, 20 y 40 ppm de mezcla peroxiacética) y cuatro repeticiones. Se analizaron variables de crecimiento (altura de planta, número y tamaño de hojas, diámetro del tallo), rendimiento (peso por planta, peso por m², materia seca) y calidad organoléptica (color y análisis sensorial). La aplicación de 40 ppm mostró un efecto positivo en el crecimiento, alcanzando 29,3 cm de altura, 3,5 mm de diámetro de tallo y hojas de 7,6 cm, comparado con 20,7 cm, 2,4 mm y 5,7 cm en el control. El peso por planta incrementó un 62% con 40 ppm (3,4 g/planta frente a 1,3 g/planta en el control), aunque el rendimiento global promedio fue similar (1169 g/m²). El porcentaje de materia seca no presentó diferencias significativas, pero el peso fresco fue mayor con 40 ppm. La calidad organoléptica, evaluada mediante paneles sensoriales y tablas de color, no mostró diferencias entre tratamientos, manteniéndose dentro de los rangos comerciales aceptables. Los resultados resaltan el potencial de la mezcla peroxiacética para optimizar la producción

de berro en sistemas hidropónicos, destacando su impacto en el crecimiento y peso fresco, aunque no en el rendimiento global ni en la calidad sensorial.

Muñoz (2021) en la investigación “Caracterización agronómica del berro *Nasturtium officinale* R. Br. y respuesta a diferentes soluciones nutritivas en un sistema hidropónico” reporta que el berro es una planta de rápido crecimiento perteneciente a la familia Brassicaceae. En México, se considera una especie exótica establecida en gran parte del país, especialmente en Morelos, donde su producción en Cuautla es relevante, pero enfrenta desafíos como conflictos por el uso del agua y la contaminación, que afectan su calidad y rendimiento. Este estudio tuvo como objetivo analizar el sistema de cultivo y la calidad nutrimental del berro en Cuautla y evaluar su producción en sistemas hidropónicos. La investigación incluyó entrevistas con productores locales para obtener información sobre manejo agronómico, muestreos de agua y plantas en cuatro sitios de producción para determinar su composición mineral, y dos experimentos hidropónicos. El primero evaluó el efecto del pH y la concentración de hierro en el desarrollo del berro, mientras que el segundo analizó la relación N-NO_3^- y Ca^{2+} en la solución nutritiva. En campo, se identificaron elementos como O, C, K, Cl, Ca, S, Mg, Cu, Pb, y Zn en agua y tejido vegetal, destacando la presencia de nutrientes clave para el cultivo. En hidroponía, concentraciones de hierro de 7 mg/L y un pH entre 5.5 y 6.5 favorecieron el crecimiento. Además, se observó que mayores niveles de Ca^{2+} (9-11 meq/L) mejoran la eficiencia del N-NO_3^- . Los resultados proporcionan información esencial para optimizar la producción de berro en sistemas hidropónicos bajo cubierta plástica en Morelos, contribuyendo al desarrollo sostenible y rentable de este cultivo en la región.

Vásquez (2008) en la investigación “Efecto de soluciones nutritivas y sombreado en la producción y calidad del berro (*Nasturtium officinale* r. br.) hidropónico en la

Sierra Norte de Oaxaca” reporta que se realizó en La Nevería, Santa Catarina Lachatao, Oaxaca, con el objetivo de evaluar el impacto de diferentes soluciones nutritivas y porcentajes de sombreo en el cultivo hidropónico de berro utilizando la técnica de flujo laminar de nutrientes (NFT). Se empleó un diseño bifactorial con cuatro niveles de concentración de solución nutritiva y cuatro porcentajes de sombreo (0%, 10%, 50% y 70%). Los resultados indicaron que las soluciones nutritivas con mayor concentración de nutrientes (A y B) favorecieron el crecimiento de las plantas, alcanzando alturas promedio de 25 cm y diámetros de tallo de 2.9 mm. En cuanto al sombreo, un 10% de sombra indujo respuestas más favorables en la primera cosecha (febrero-abril). Estos hallazgos sugieren que la combinación de soluciones nutritivas concentradas y un sombreo moderado puede optimizar el crecimiento del berro en sistemas hidropónicos.

Maquera (2023) en la investigación “Evaluación de la capacidad fitorremediadora de la especie *Nasturtium officinale* (berro) en relación con diferentes concentraciones de arsénico, distrito de Torata, Moquegua-2022” reporta que este estudio evaluó la capacidad de fitorremediación de *Nasturtium officinale* (Berro) frente a concentraciones de arsénico, utilizando un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos (T0, T1, T2 y T3) y tres repeticiones por tratamiento. Se observó que la contaminación con arsénico causó clorosis y necrosis en las plántulas, afectando su desarrollo vegetativo. Los resultados mostraron que la planta posee capacidad de rizofiltración, ya que acumuló la mayor parte del arsénico en sus raíces. Se concluye que *Nasturtium officinale* puede utilizar la parte radicular para remediar aguas contaminadas con arsénico.

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Origen y taxonomía

Charles Darwin foundation (2024) reporta que el berro (*Nasturtium officinale*), también conocido como berro de agua o mastuerzo de agua, es una planta perenne de rápido crecimiento perteneciente a la familia Brassicaceae. Es originaria de Europa y Asia Central, donde crece comúnmente en arroyos, torrentes de aguas claras y pantanos.

Taxonómicamente, se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Capparales

Familia: Brassicaceae

Género: *Nasturtium*

Especie: *Nasturtium officinale*

Aunque su nombre científico sugiere una relación con las flores conocidas como "nasturtiums" (género *Tropaeolum*), no están estrechamente relacionadas; *Tropaeolum* pertenece a la familia Tropaeolaceae, mientras que el berro pertenece a la familia Brassicaceae.

Actualmente, el berro se ha extendido por todo el mundo debido a su popularidad como vegetal en ensaladas y otros platos. Se considera una de las hortalizas más antiguas consumidas por el ser humano.

2.2.2. Morfología

El berro (*Nasturtium officinale*) es una planta perenne acuática perteneciente a la familia Brassicaceae, ampliamente distribuida en arroyos y cuerpos de agua de corriente clara. A continuación, se detalla su morfología:

Raíz

Las raíces son fibrosas y adventicias, emergiendo de los nudos del tallo, lo que facilita su anclaje en sustratos húmedos o sumergidos. Esta característica permite al berro adaptarse eficientemente a entornos acuáticos (Pacheco, 1973).

Tallo

El tallo es hueco, cilíndrico y de textura suave, con una longitud que varía entre 10 y 50 cm. Su estructura hueca le proporciona flotabilidad, permitiendo que la planta se mantenga a flote en el agua (Plantas y estanques, 2025).

Hojas

Las hojas son alternas y pinnadas, compuestas por entre 3 y 11 folíolos ovalados u oblongos con márgenes enteros o ligeramente dentados. La hoja terminal suele ser más grande que las laterales. Estas hojas presentan un color verde intenso y una textura suave (Pacheco, 1973).

Flores

Las flores, de pequeño tamaño (aproximadamente 6 mm de diámetro), se agrupan en racimos terminales. Cada flor posee cuatro pétalos blancos, dispuestos en forma de cruz, característica típica de las crucíferas. Además, presentan seis estambres de color amarillo pálido y un ovario verde con un estilo corto (Minnesota wildflowers, 2025)

Frutos y Semillas

El fruto es una silicua alargada que contiene múltiples semillas dispuestas en dos filas por lóculo. Las semillas son pequeñas, de forma suborbicular y comprimidas, con una superficie alveolada que facilita su dispersión en el medio acuático (U.S. Geological Survey, 2025).

Hábitat y Distribución

CABI (2018) señala que el berro es una planta perenne acuática o semiacuática que crece en las orillas de cursos de agua de corriente lenta como arroyos, manantiales y canales, preferentemente en aguas limpias, ligeramente alcalinas y con niveles de humedad elevados; sus tallos carnosos, a menudo flotantes y ramificados, enraízan en los nudos, mientras que sus hojas compuestas y flores blancas crecen sobre el agua, formando densas colonias que pueden prosperar tanto en entornos naturales como en sistemas cultivados.

2.2.3. Requerimiento edafoclimático

El berro prospera en climas templados y húmedos, prefiriendo temperaturas moderadas que oscilan entre 10 °C y 25 °C. Aunque puede tolerar temperaturas ligeramente inferiores, su crecimiento se ve afectado negativamente por temperaturas extremas, especialmente aquellas por debajo de 10 °C o superiores a 30 °C. Además, requiere alta humedad ambiental y disponibilidad constante de agua fresca y limpia, ya que su hábitat natural son arroyos y fuentes de agua corriente. La exposición solar debe ser moderada; aunque tolera sombra parcial, la luz solar indirecta favorece su desarrollo óptimo (Espinoza & Gutiérrez 2014 y Pérez, 2017).

En cuanto al suelo, el berro se adapta a sustratos limosos o arenosos con buen drenaje, ricos en materia orgánica y nutrientes esenciales. Prefiere suelos con pH ligeramente ácido a neutro, idealmente entre 6.0 y 7.0. La presencia de materia orgánica en el sustrato es crucial para proporcionar los nutrientes necesarios y mantener la estructura adecuada del suelo. Es importante evitar suelos con alta salinidad o contaminados, ya que pueden afectar negativamente su crecimiento y calidad (Ramírez, 2016 y FAO, 2015).

Para el cultivo de berro, es esencial asegurar una fuente constante de agua limpia y en movimiento, simulando su hábitat natural. La calidad del agua es fundamental, ya que la contaminación puede no solo afectar el crecimiento de la planta, sino también representar riesgos para la salud humana al consumirla. Además, se recomienda monitorear y controlar posibles plagas y enfermedades que puedan afectar al cultivo, implementando prácticas agrícolas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente (ICA, 2010 y Universidad del Azuay, 2008).

2.2.4. Manejo del cultivo

Según Poma (2025) y Cortez & Mendoza (2025.) los berros se pueden cultivar en sistema hidropónico y se detalla a continuación:

Sistemas Hidropónicos para Berro

Entre las técnicas hidropónicas utilizadas para el cultivo de berro, el Sistema de Raíz Flotante (SRF) es comúnmente empleado. Este sistema consiste en mantener las plantas en una solución nutritiva oxigenada, permitiendo un crecimiento óptimo y facilitando la absorción de nutrientes.

Soluciones Nutritivas y Manejo

La composición de la solución nutritiva es crucial para el desarrollo del berro en hidroponía. Estudios han evaluado diferentes formulaciones para determinar su efecto en el crecimiento y calidad de la planta RIAA

Es esencial monitorear parámetros como pH, conductividad eléctrica y concentración de nutrientes para asegurar un desarrollo saludable.

Ventajas del Cultivo Hidropónico de Berro

El cultivo hidropónico de berro ofrece múltiples beneficios, incluyendo:

Mayor control sanitario: Al evitar el contacto con suelos potencialmente contaminados, se reduce el riesgo de enfermedades y contaminación por patógenos.

Optimización del espacio: Los sistemas hidropónicos permiten una alta densidad de plantación, incrementando la productividad por unidad de área.

Uso eficiente del agua: La recirculación de la solución nutritiva disminuye el consumo hídrico en comparación con la agricultura tradicional.

Consideraciones Ambientales

Es importante considerar la calidad del agua utilizada en los sistemas hidropónicos, especialmente en regiones donde la disponibilidad de agua limpia es limitada. El uso de aguas residuales tratadas ha sido explorado como una alternativa sostenible, siempre que se garantice la eliminación de contaminantes y se mantenga la seguridad alimentaria.

2.2.5. Sistema hidropónico

Carrasco e Izquierdo (1996) manifiestan que el sistema hidropónico recirculante consiste en la circulación de la solución con nutrientes que va mojando las raíces de los cultivos, sin embargo, es cerrado y en constante movimiento.

Resh (1992) reporta que hidroponía es una ciencia de cultivo de plantas sin hacer uso del suelo, además menciona que la palabra hidroponía proviene del griego hydro que significa agua y ponus labor, el autor también menciona que se puede cultivar en rocas, vermiculita, grava y arena que se usa como soporte, además existió desde tiempos antiguos en los jardines de babilonia, también en jardines flotantes aztecas de México y China.

2.2.6. Solución nutritiva

Cooper (1996) menciona que el sistema hidropónico requiere una solución nutritiva que incluya macro y micronutrientes para satisfacer los requerimientos de las plantas y completar el crecimiento y desarrollo resultado de los procesos fisiológicos,

así mismo los nutrientes deben encontrarse en la solución en forma disponible y de fácil absorción por las raíces.

Carrasco e Izquierdo (1996) recomiendan mantener la solución nutritiva a una conductividad eléctrica de 1.5 a 3 dS/m, lo cual garantiza un adecuado crecimiento del cultivo hidropónico.

Birgi (2015) menciona que se debe controlar el pH de la solución nutritiva, así mismo manifiesta que el valor adecuado depende del cultivo, sin embargo, recomienda valores ligeramente ácidos, la concentración de los nutrientes varía día a día debido a la absorción y evapotranspiración de los cultivos.

Biesiada y Kús (2010) recomiendan que para una producción aceptable se debe aplicar mínimamente 150 kg de N/ha y cuando se trata de hidroponía se debe aplicar el equivalente según la unidad de superficie que se esté manejando o la cantidad de plantas que se esté produciendo.

2.2.7. Solución nutritiva para berros

Hoagland & Arnon (1950) proponen que el cultivo hidropónico de berros debe basarse en una solución nutritiva completa y balanceada, que incluya macronutrientes en concentraciones típicas como nitrógeno (100–500 ppm), fósforo (30–100 ppm), potasio (100–400 ppm), calcio (200–500 ppm), magnesio (50–100 ppm) y azufre (50–100 ppm), junto con oligoelementos en el rango de trazas, tales como hierro (2–5 ppm), manganeso (0.5–1 ppm), zinc (0.05–1 ppm), cobre (0.01–1 ppm), boro (0.3–10 ppm) y molibdeno (0.001–0.05 ppm), preferiblemente disueltos en formas fácilmente absorbibles (como nitratos, fosfatos, sulfatos y quelatos), y con un pH ajustado cercano a 6,0 para asegurar disponibilidad óptima de nutrientes. Además, recomiendan monitorear la conductividad eléctrica entre 0,9 y 2,0 dS/m para favorecer el desarrollo vegetativo y la formación de hojas densas y nutritivas (especialmente relevante para

especies de hojas como el berro). Este enfoque se basa en la formulación estándar de la solución de Hoagland, ampliamente utilizada en cultivos hidropónicos de hojas verdes.

2.3. Definición de términos básicos

- Hidroponía

Método de cultivo sin suelo en el que las plantas reciben sus nutrientes disueltos en agua, a través de una solución nutritiva; mejora el uso del agua y del espacio, ideal para condiciones urbanas o áridas.

- Solución nutritiva

Mezcla equilibrada de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) y micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo) disueltos en agua; proporciona todos los elementos esenciales directamente a las raíces.

- pH

Medida de acidez o alcalinidad de la solución nutritiva, que debe mantenerse entre 5.5 y 6.5 para asegurar disponibilidad óptima de nutrientes en los cultivos hidropónicos.

- Conductividad eléctrica

Indicador de la concentración total de sales disueltas en la solución nutritiva; controlarla (por ejemplo, entre 1.2–2.0 dS/m) ayuda a prevenir deficiencias.

- Berro

Plata aromática y medicinal que se usa en la cocina, se cultiva en zonas abrigadas, con temperaturas mayores a 20 °C.

- Producción

Cantidad de producción por unidad de área, en el caso de berros se reporta en gramos por m².

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El efecto de cinco dosis de solución nutritiva será significativo en el cultivo de berros hidropónicos (*Nasturtium officinale*) en condiciones de Pachacamac - Lima.

2.4.2. Hipótesis específicas

Las características agronómicas del cultivo de berros en el sistema hidropónico se modifican significativamente.

La precocidad del cultivo de berros en el sistema hidropónico mejora significativamente.

El contenido de hierro en plantas de berros hidropónicos producido con diferentes soluciones nutritivas es significativo.

2.5. Identificación de variables

- **Variable independiente:** El efecto de cinco dosis de solución nutritiva.
- **Variable dependiente:** cultivo de berros hidropónicos (*Nasturtium officinale*).
- **Variable interviniente:** condiciones ambientales de Pachacamac – Lima.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Definición conceptual	Variable	Indicador	Unidades
Manejo hidropónico del cultivo de berros.	Sistema hidropónico.	a. Porcentaje de mortandad	%
		b. Altura de planta	cm
		c. Número de hojas/planta	n°
	cinco dosis de solución nutritiva	d. Peso fresco de la parte aérea	g
		e. Peso fresco radicular	g
		f. Área foliar	g
		g. Diámetro de tallo	cm ²
		h. Precocidad, días	mm
		i. Registro de insectos plagas y enfermedades	n°
		j. Contenido de hierro	ppm

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo aplicado, experimental ya que se usaron parámetros técnicos que determinaron el efecto de diferentes soluciones hidropónicas en el cultivo de berros.

3.2. Nivel de investigación

El presente trabajo de investigación se realizó a nivel explicativo, permitiendo obtener información de nivel primario que permitió profundizar los conocimientos, encontrando nuevas explicaciones que modificaron el conocimiento inicial de las prácticas agrícolas en el uso de diferentes soluciones hidropónicas en el cultivo de berros.

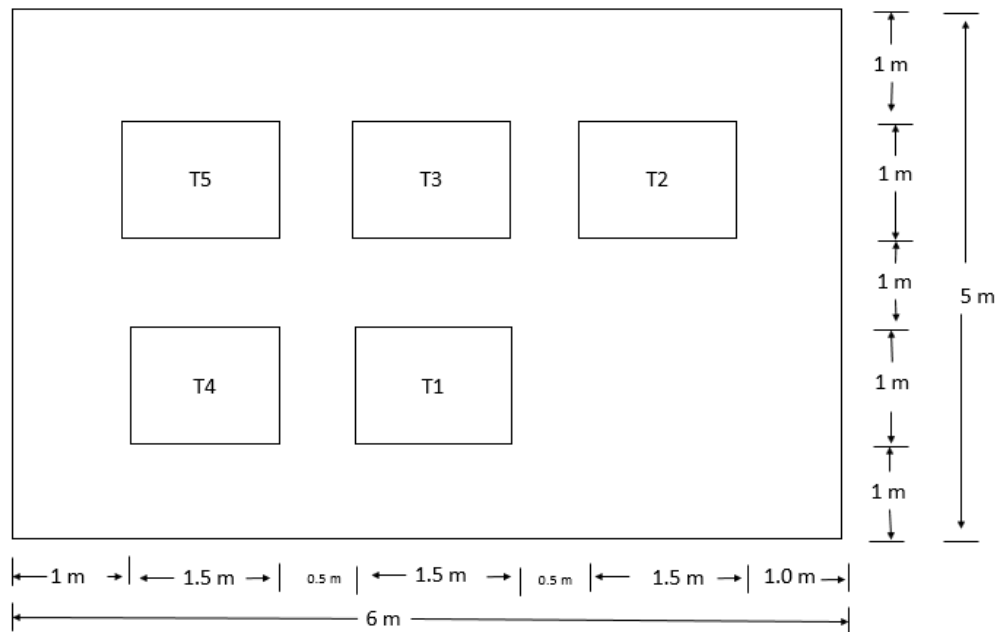
3.3. Métodos de investigación

Se usó el método científico experimental y de campo, se identificaron diversos variables durante la conducción del experimento.

3.4. Diseño de investigación

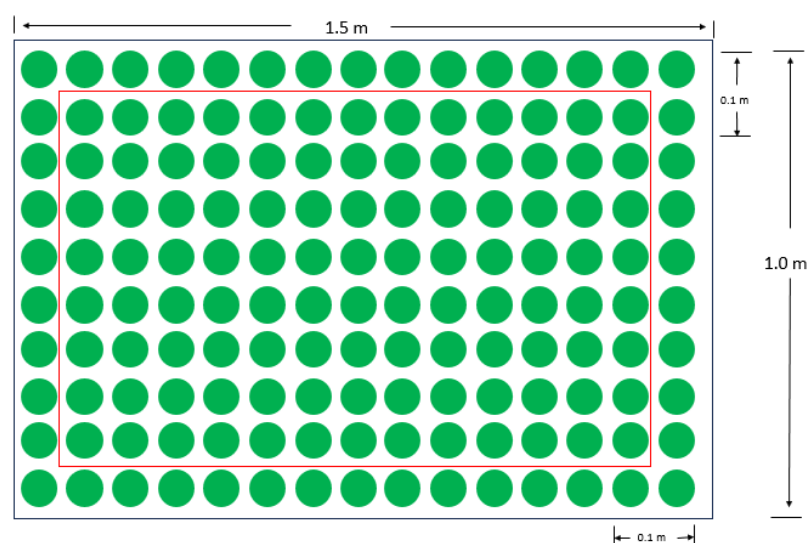
El diseño experimental utilizado fue un DCA (Diseño Completamente al Azar) haciendo un total de cinco tratamientos y 150 plantas por tratamiento.

Figura 1. Croquis experimental



- Área total : 30 m²
- Área experimental : 7.5 m²
- Área de caminos : 22.5 m²

Figura 2. Detalles de la parcela



Se instalaron una planta cada 0.1 m para ambos lados, haciendo un total de 150 plantas por cada unidad experimental.

La infraestructura consiste en una casa malla con techo de malla rashel al 50 % de sombra de color negro. el berro no tolera demasiada luminosidad.

3.5. Población y muestra

La población en estudio lo conformó el cultivo de berros hidropónico.

- Población: 750 plantones de berros.
- Muestra: 20 plantas de berros según corresponda por cada tratamiento.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Observación experimental
- Análisis documental.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Se emplearon los siguientes instrumentos para llevar a cabo la investigación:

- **Balanza analítica:** Para pesar en gramos se utilizó una balanza analítica, sensibilidad de 0.0001 g y capacidad máxima 220 g.

- **GPS:** Para determinar la altitud y latitud del lugar de investigación se va a llevar a cabo con un equipo GPS de la Marca GARMIN.
- **Vernier:** Se usó un vernier digital de una alta precisión con una precisión: $\pm 0.02\text{mm}$ y resolución. 0.01mm .
- **Regla métrica:** de aluminio, el cual permitió una mayor rigidez al momento de la medición.
- Fichas de evaluación y datos meteorológicos proporcionados por el SENAMHI de la estación Pachacamac Lima.
- Para evaluar la confiabilidad, se aplicó el coeficiente de viabilidad (C.V) como un indicativo para conocer que tan bien esta ejecutado el experimento o si existe falta de uniformidad en el manejo de las unidades experimentales. Es expresado en porcentaje. De acuerdo con Calzada (1985), valores por debajo del 40% son considerados aceptables para este tipo de estudio.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos fueron analizados mediante la prueba de Análisis de varianza (ANVA), prueba de significación Tukey, mediante el uso de paquetes estadísticos para una mejor precisión; sistema de Análisis Estadístico Infostat versión 2020.

3.9. Tratamiento estadístico

Tabla 2. Tratamientos en estudio, cultivo de berro

Tratamientos	Solución nutritiva
T1	Solución ML 1x (5 mL / Litro de A B C)
T2	Solución ML $\frac{1}{2}$ x (2.5 mL / Litro de A B C)
T3	Solución UNALM 1X
T4	Solución UNALM 1/2X
T5	Bayfolan 1X (5ml/L)

* Volumen de solución nutritiva diluida por poza: $1\text{m} * 1.5 \text{ m} * 0.10\text{m} = 0.15\text{m}^3$ (150 litros por poza).

Tabla 3. Contenido de la solución ABC

Fertilizantes	Kilogramos	Tanque
Nitrato de calcio N15.5%, CaO 26.5% (18.8 %Ca)	20	C
Nitrato de potasio N13.5% K ₂ O46% (38.1%K)	10	BC
Sulfato de Magnesio Mg 16% (Mg 9.70%), S 13 %	12	B
Fosfato monoamónico N11.80%, P ₂ O ₅ 60.5%	12	A
Ultraferro 6%	0.64	B
Fertilón Combi 14.0% Mn, 4.0% Fe, 1.5 % Cu 1.5% Zn, 0.5%B, 0.1% Mo	0.4	B

* Cada tanque contiene 1100 litros. Se aplica 3 litros de la solución madre de la tabla

3.

*Para el experimento se calculó en base a 150 litros. Se aplicó 55 ml de la solución madre.

Después de las evaluaciones se realizará los respectivos análisis de varianza y para la comparación de los promedios se utilizará la prueba de Tukey, se usará el paquete estadístico Infostat.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

3.10.1. Autoría

Se puede precisar con claridad que las tesis CAPCHA MARTEL, Lizbeth Jessica y LEON ESPIRITU, Katterin Meliza, son las autoras del presente trabajo de investigación.

3.10.2. Originalidad

Todos los autores considerados en la presente investigación fueron citados respetando su autoría en la sección de referencias bibliográficas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación del campo experimental

Los diferentes trabajos realizados durante la ejecución de la investigación se llevaron a cabo en el distrito de Pachacamac, provincia y región Lima.

4.1.2. Ubicación Política

Región	: Lima
Provincia	: Lima
Distrito	: Pachacamac

4.1.3. Ubicación Geográfica

Latitud Sur	: 12°13'48"
Longitud Oeste	: 76°51'33"
Región Geográfica	: Costa central.
Sub-cuenca	: Rio, Lurin
Altitud	: 75 m.s.n.m.
Temperatura	: 19 – 23°C.

4.1.4. Análisis de suelos

No se realizó el análisis de suelo, debido a que el experimento se llevó a cabo en condiciones hidropónicas.

4.1.5. Datos meteorológicos

Tabla 4. Precipitación mensual en Lima, periodo 2025

Mes	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	HR %
Enero	21.7	0	82
Febrero	24.7	1.6	82
Marzo	23.4	0.4	83

Fuente: SENAMHI Villa María del Triunfo (2025).

Las condiciones meteorológicas desempeñan un papel fundamental en el desarrollo del berro hidropónico, incluso cuando éste se cultiva en sistemas controlados. En primer lugar, la temperatura del aire y del agua influyen directamente en procesos fisiológicos tales como fotosíntesis, respiración y absorción de nutrientes; valores fuera del rango recomendado de 13 °C a 24 °C pueden ralentizar el crecimiento o inducir estrés térmico. En particular, mantener el agua de cultivo entre 15 °C y 21 °C favorece la retención de oxígeno, mejora la absorción radicular y previene enfermedades (deep-water culture). La humedad relativa del ambiente afecta la transpiración de la planta, clave para la absorción de nutrientes; niveles entre 50 % y 70 % son óptimos para evitar tanto el estrés hídrico por baja humedad como el riesgo de enfermedades fúngicas por humedad excesiva. Por último, aunque la precipitación externa no afecta directamente a un sistema cerrado, en contextos periurbanos puede modificar la temperatura y la humedad del microclima, requiriendo ajustes en ventilación y gestión ambiental para mantener condiciones de crecimiento estables. En conjunto, una gestión climática adecuada, controlando temperatura, humedad y

ventilación, es esencial para maximizar el rendimiento, la calidad y la salud vegetal del berro cultivado hidropónicamente, especialmente en zonas como Pachacamac con condiciones áridas y radiación intensa.

4.1.6. Conducción del experimento

Labores de campo

Siembra: las plántulas fueron colocadas y sumergidas en la Solución Nutritiva (SN), a medida que las plántulas crecieron iban absorbiendo la SN, obligando a las raíces extenderse hacia abajo.

- Solución nutritiva: Según los tratamientos propuestos.
- Cosecha: La cosecha de berro se realizó de forma manual.
- La primera cosecha se realizó cuando la planta alcanzó su madurez comercial de 10 a 15 cm (5 semanas) por encima del nivel del agua, cabe resaltar que su tolerancia a la alta luminosidad y altas temperaturas es baja por lo que prefiere los inviernos.

Propagación de berros: Al terminar la cosecha las plantas fueron recortadas quedando los fragmentos de los tallos nivelados con raíces y puestas en SN para volver a crecer.

- Desarrollo del experimento

Se usó esquejes o tallos de berros ya formados.

Cuando las plantas estuvieron listas se hizo el trasplante al sistema hidropónico.

El sistema hidropónico estuvo formado por:

- 10 m de plástico negro 40" x 7 micras (Opcional, puede ser el más comercial que sería de 5 micras).
- 20 tabloncillos de 1m de largo por 0.20 cm de ancho (para las 5 pozas)

- 5 tanques de 20 litros para diluir la solución nutritiva,

Además, contó con un tanque de capacidad de 20 litros, con la solución hidropónica.

La cosecha se realizó aproximadamente 30 días después del trasplante.

Plagas y enfermedades

En el MIP se pueden reconocer como plagas a moscas minadoras, polilla dorso de diamante, lepidópteros y caracoles y como enfermedades a Cercosporas.

Evaluaciones: Tiempo de cosecha, altura, número de hoja, peso, otros.

La investigación se dividió en 5 tratamientos donde se evaluaron diferentes dosis de SN a 100 % 50 % y 75 % (en evaluación). Las variables evaluadas fueron: crecimiento (altura de planta, numero de hojas, largo de hojas y tallos), rendimientos (Peso x planta, peso por m2) y calidad organoléptica (color y panel sensorial), color, área foliar, altura de tallo, otros.

- Análisis documental

Se obtuvo información meteorológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del SENAMHI a fin de analizar los datos climatológicos.

4.1.7. Registro de datos

Se evaluaron las siguientes variables:

a. Porcentaje de mortandad (%)

Se evaluó contando las plantas prendidas a los 5 días después de la instalación en el sistema hidropónico, la que se empleó la fórmula:

$$\% \text{ de mortandad} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de plantas muertas}}{\text{N}^{\circ} \text{ de plantas instaladas}} \times 100$$

$$\text{N}^{\circ} \text{ de plantas instaladas}$$

b. Altura de planta a la cosecha

Se midió la altura de planta hasta floración (90 días primer corte) y se realizó la cosecha para la comercialización cuando las plantas alcanzaron de 8 a 15 cm, esta evaluación se realizó con un flexómetro.

c. Número de hojas por planta

Se contabilizó las hojas por planta en estudio, esta evaluación se realizó a la cosecha.

d. Peso fresco de la parte aérea

Se pesó las plantas en fresco, para la evaluación se usó una balanza de precisión con dos decimales. La evaluación se realizó a la cosecha.

e. Peso fresco radicular

Se pesó las raíces en fresco, para la evaluación se usó una balanza de precisión con dos decimales.

f. Área foliar

Se pesó un cm² de hoja y se calculó el área total en base al peso total, se calculó con una regla de tres simple, esta evaluación se realizó con una balanza de precisión.

g. Diámetro de tallo

Se midió el grosor de tallos con una regla vernier digital, con dos decimales.

h. Precocidad, días al inicio de la cosecha

Se contabilizó los días desde la siembra hasta la cosecha, es decir cuando las alcanzaron la madurez comercial.

i. Registro de insectos plagas y enfermedades

Se registró las plagas y enfermedades presentes en todo el periodo vegetativo del cultivo de berro y se tomó medidas correctivas oportunamente según las evaluaciones.

j. Contenido de hierro

Se determinó el contenido de hierro por cada tratamiento, para lo cual se envió las muestras al laboratorio de Calidad Total de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Para efectuar los cálculos estadísticos de las variables independientes, se utilizó el análisis de varianza. La diferencia estadística entre tratamientos se realizó mediante la prueba de Fisher.

4.2.1. Porcentaje de mortandad (%)

Tabla 5. Porcentaje de mortandad (%)

Trat.	Solución nutritiva	Mortandad %
T1	Sol. ML 1x (750 ml de A B C)	1
T2	Sol. ML ½ x (375 ml de A B C)	1
T3	Sol. UNALM 1X	2
T4	Sol. UNALM 1/2X	1
T5	Bayfolan 1X	90

La tabla 5 muestra que todas las soluciones hidropónicas usadas presentan un buen porcentaje de prendimiento con tan solo 1 a 2 % de mortandad a excepción del tratamiento 5, lo que nos indica que el cultivo de berros responde bien al sistema hidropónico, tal y como se observa en la naturaleza los berros se desarrollan bien en lugares húmedos como los puquios.

4.2.2. Altura de planta a los 90 días (cm)

Tabla 6. Análisis de variancia para altura de planta a los 90 días (cm)

F. V	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Tratamientos	4	6514.94	1628.74	426.43	<0.0001
Error	95	362.85	3.82		
Total	99	6877.79			

C.V.= 3.8 %

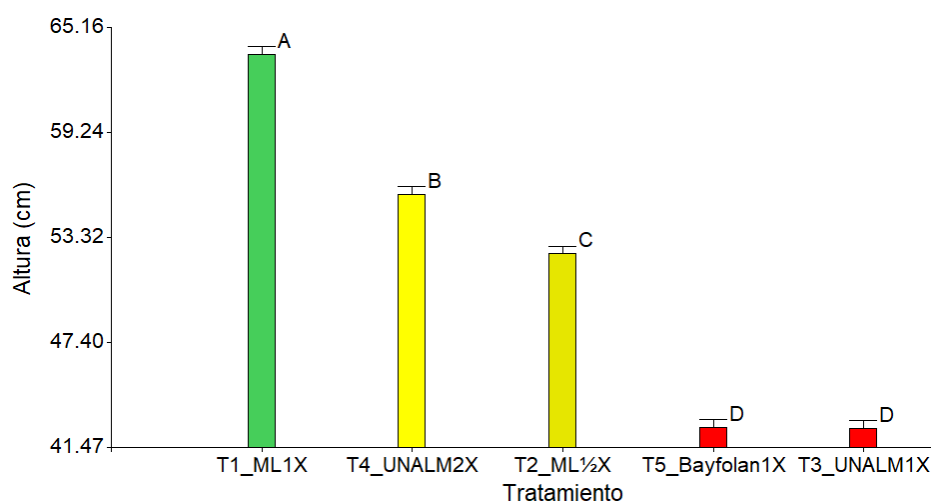
El análisis de variancia para altura de planta muestra que para tratamientos existe alta significancia estadística, así mismo se observa que el coeficiente de variabilidad es de 3.8 % y según la escala de calificación de Calzada (1980) está calificado como homogéneo.

Tabla 7. Prueba de Tukey para altura de planta a los 90 días (cm)

Mérito	Tratam.	Media (cm)	Nivel de significación 0.05
1	T1 Sol. ML 1X (750 ml de ABC)	63.65	A
2	T4 Sol. UNALM 1/2X	55.75	B
3	T2 Sol. ML ½ X (375 ml de ABC)	52.40	C
4	T5 Bayfolan 1X	42.60	D
5	T3 Sol. UNALM 1X	42.55	D

La tabla 7 muestra que el tratamiento T1 Sol. ML 1x (800 ml de A B C) muestra diferencia estadística con respecto a los demás con 63.65 cm, seguido por los tratamientos T4 y T2, así mismo entre los tratamientos T5 y T3 no existe diferencia estadística (D) ambos con valores de 42.60 y 42.55 cm respectivamente, los resultados confirman que la solución hidropónica es importante en la producción de berro hidropónico.

Figura 3. Altura de planta a los 90 días (cm)



La figura 3 muestra que la mejor altura se logra con la solución hidropónica ML 1X esto debido al buen balance nutricional, sin embargo, las demás soluciones también logran un tamaño adecuado, cabe mencionar que para la comercialización de berro hidropónico es necesario que las plantas superen los 25 cm en el menor tiempo posible.

4.2.3. Número de hojas por planta a los 90 días (n°)

Tabla 8. Análisis de variancia para número de hojas por planta a los 90 días (n°).

F. V	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Tratamientos	4	1305.86	326.47	127.81	<0.0001
Error	95	242.65	2.55		
Total	99	1548.51			

C.V.= 8.61 %

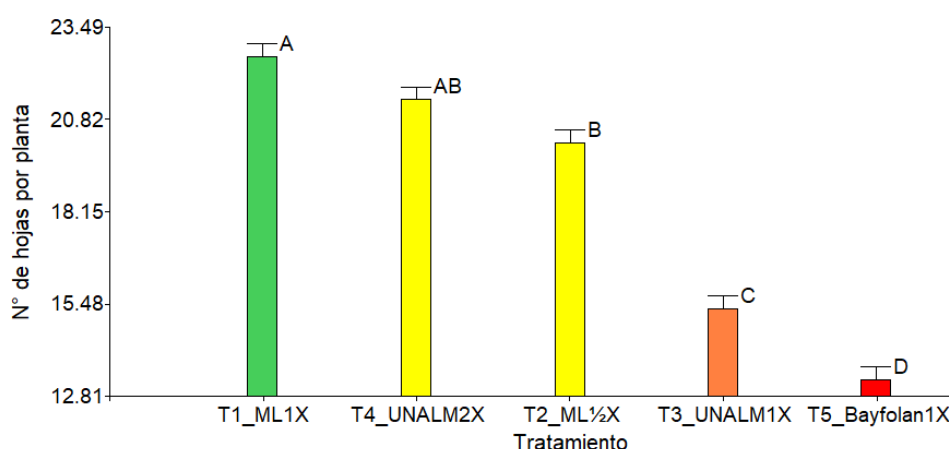
La tabla muestra que entre los tratamientos existe diferencia altamente significativa, también se observa que el coeficiente de variabilidad es de 8.61 %, lo cual según la escala de calificación de Calzada (19809 está calificada como homogénea, para trabajos realizados en campo es lo más adecuado.

Tabla 9. Prueba de Tukey para número de hojas por planta a los 90 días (n°).

Mérito	Tratam.	Media (n°)	Nivel de significación 0.05
1	T1 Sol. ML 1X (750 ml de ABC)	22.65	A
2	T4 Sol. UNALM 1/2X	21.40	A B
3	T2 Sol. ML $\frac{1}{2}$ X (375 ml de ABC)	20.15	B
4	T3 Sol. UNALM 1X	15.35	C
5	T5 Bayfolan 1X	13.30	D

La tabla 9 muestra que entre los tratamientos T1 Sol. ML 1X (800 ml de A B C) y T4 Sol. UNALM 2X, no existe diferencia estadística (A) y alcanzaron la mayor cantidad de hojas con 22.65 y 21.40 respectivamente, entre los tratamientos T4 y T2 no existe diferencia estadística (B), el último tratamiento lo obtuvo el T5 con solución nutritiva de Bayfolan, formando solo 13.3 hojas en promedio (D).

Figura 4. Número de hojas por planta a los 90 días (n°)



La figura 4 muestra que el mejor tratamiento T1 ML1X fue la que mostró mejor resultados en la formación de hojas en el cultivo de berros, también se observa que el tratamiento con Bayfolan que es un fertilizante foliar logra formar el menor número de hojas, es necesario mencionar que el berro se adapta bien a condiciones hidropónicas, sin embargo, es necesario un suplemento adecuado de nutrientes para su mejor desempeño.

4.2.4. Peso fresco de la parte aérea a los 90 días (g)

Tabla 10. Análisis de varianza para peso fresco de la parte aérea a los 90 días (g)

F. V	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Tratamientos	4	1296.42	324.11	163.98	<0.0001
Error	95	187.76	1.98		
Total	99	1484.19			

C.V.= 17.61 %

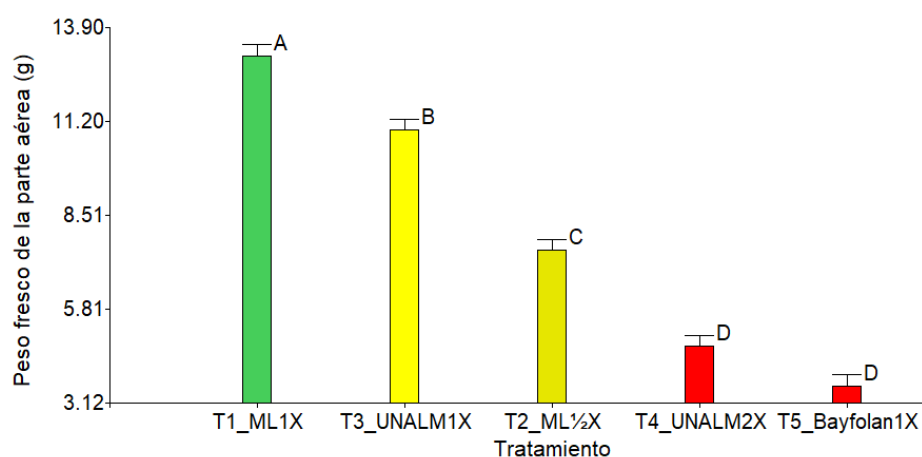
La tabla 10 del análisis de varianza para peso aéreo muestra que entre tratamientos existe diferencia altamente significativa, el coeficiente de variabilidad es de 17.61 %, lo cual según la escala de calificación de Calzada (1980) está considerada como ligeramente homogéneo.

Tabla 11. Prueba de Tukey peso fresco de la parte aérea a los 90 días (g)

Mérito	Tratam.	Media (g)	Nivel de significación 0.05
1	T1 Sol. ML 1X (750 ml de ABC)	13.10	A
2	T3 Sol. UNALM 1X	10.96	B
3	T2 Sol. ML ½ X (375 ml de ABC)	7.51	C
4	T4 Sol. UNALM 1/2X	4.75	D
5	T5 Bayfolan 1X	3.61	D

La tabla 11 de la prueba de Tukey para peso fresco de la parte aérea muestra que el tratamiento T1 Sol. ML 1X (800 ml de ABC) supera estadísticamente a los demás tratamientos con un peso de 13.10 gramos de peso de la parte aérea (A), el tratamiento T3 y T2 también se diferencian de los demás tratamientos, los tratamientos T4 y T5 no presentan diferencia estadística entre ellos con valores de 4.75 y 3.61 g respectivamente.

Figura 5. Peso de la parte aérea a los 90 días (g)



La figura 7 muestra que el tratamiento T1 ML1X fue la que formó mayor peso de la parte aérea por lo que la solución hidropónica es completa y permite que la planta de berros se desarrolle adecuadamente, el tratamiento T4 con dosis alta de la UNALM y T5 Bayfolan formaron el menor peso de la parte aérea, el primero es por exceso de nutrientes y el segundo por deficiencia nutricional.

4.2.5. Peso fresco radicular a los 90 días (g)

Tabla 12. Análisis de varianza para peso fresco radicular a los 90 días (g)

F. V	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Tratamientos	4	48.22	12.05	584.94	<0.0001
Error	95	1.96	0.02		
Total	99	50.18			

C.V.= 8.13 %

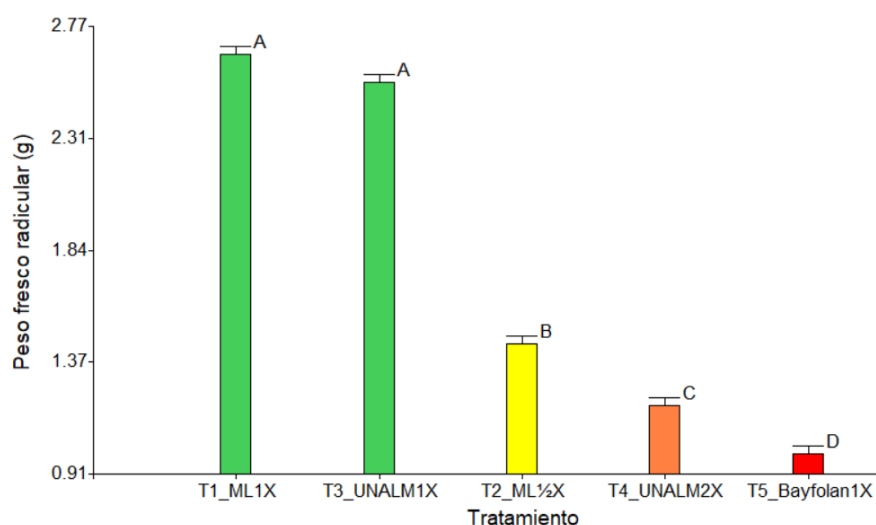
La tabla12 muestra el análisis de varianza para peso fresco radicular, se observa que entre los tratamientos existe diferencia altamente significativa. El coeficiente de variabilidad es de 8.13 %, lo cual según la escala de calificación de Calzada (1980) califica como homogénea, estos resultados confirman que las diferentes soluciones hidropónicas influyen en la formación del sistema radicular y en el peso radicular.

Tabla 13. Prueba de Tukey para peso fresco radicular a los 90 días (g)

Mérito	Tratam.	Media (g)	Nivel de significación 0.05
1	T1 Sol. ML 1X (750 ml de ABC)	2.65	A
2	T3 Sol. UNALM 1X	2.54	A
3	T2 Sol. ML ½ X (375 ml de ABC)	1.45	B
4	T4 Sol. UNALM 1/2X	1.19	C
5	T5 Bayfolan 1X	0.99	D

La tabla 13 muestra que entre los tratamientos T1 Sol. ML 1X (800 ml de ABC) y T3 Sol. UNALM 1X no existe diferencia estadística con 2.65 y 2.54 gramos de peso fresco radicular y superando a los demás tratamientos (A), los demás tratamientos se diferencian entre sí y el tratamiento T5 Bayfolan 1X formó menor peso radicular con 0.99 gramos (D).

Figura 6. Peso fresco radicular a los 90 días (g)



La figura 6 muestra el efecto de las diferentes soluciones hidropónicas en la formación de raíces y en el peso, esto se debe a que una solución hidropónica enriquecida y con todos los nutrientes que la planta necesita forma un sistema radicular adecuado, el abono foliar Bayfolan presenta ciertas deficiencias nutricionales.

4.2.6. Área foliar a los 90 días (cm²)

Tabla 14. Análisis de varianza para área foliar a los 90 días (cm²)

F. V	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Tratamientos	4	662291.65	165572.91	52.76	<0.0001
Error	95	298147.86	3138.40		
Total	99	960439.52			

C.V.= 18.34 %

La tabla 14 muestra que entre los tratamientos existe diferencia altamente significativa, el área foliar es diferente entre los tratamientos, el coeficiente de variabilidad es 18.34%, siendo aceptable para este tipo de trabajos y según Calzada (1980) es considerada como ligeramente homogénea.

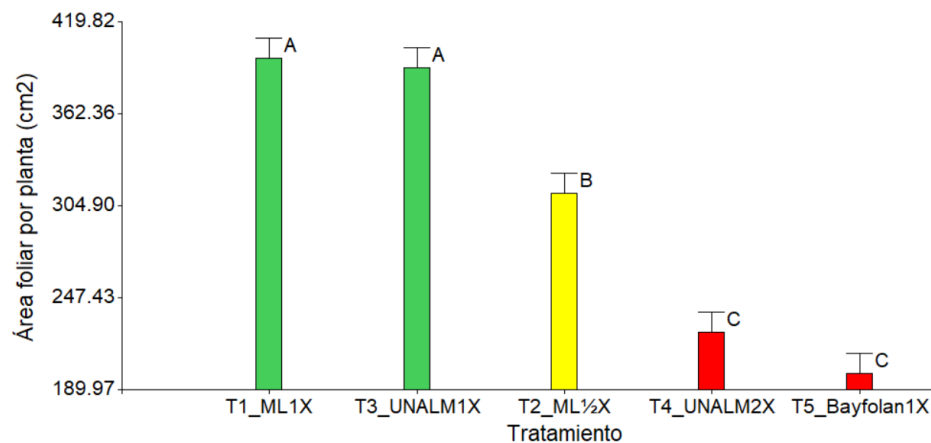
Tabla 15. Prueba de Tukey para área foliar a los 90 días (cm²)

Mérito	Tratam.	Media (cm ²)	Nivel de significación 0.05
1	T1 Sol. ML 1X (750 ml de ABC)	396.8	A
2	T3 Sol. UNALM 1X	391.3	A
3	T2 Sol. ML ½ X (375 ml de ABC)	312.9	B
4	T4 Sol. UNALM 1/2X	226.1	C
5	T5 Bayfolan 1X	200.4	C

La tabla 15 muestra que entre los tratamientos T1 Sol. ML 1X (800 ml de ABC) y T3 Sol. UNALM 1X superando a los demás tratamientos en formar mayor área foliar con 396.8 y 391.3 cm² respectivamente (A), así mismo los tratamientos T4 Sol. UNALM 2X y T5 Bayfolan 1X son los que formaron menor área foliar con 226.1 y 200.4 cm² respectivamente (C) esto se debe a la concentración de las diferentes soluciones hidropónicas.

El área foliar es importante en el cultivo de berros debido a que se consume prioritariamente como ensalada y una mayor área es importante para el consumidor.

Figura 7. Área foliar por planta a los 90 días (cm²)



En la figura 7 muestra el efecto positivo de la solución hidropónica ML1X que es más versátil en la formación de hojas por lo que esta solución es la más adecuada para la producción de berros.

4.2.7. Diámetro de tallo basal a los 90 días (mm)

Tabla 16. Diámetro basal de tallo a los 90 días (mm)

F. V	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Tratamientos	4	50.78	12.69	217.97	<0.0001
Error	95	5.53	0.06		
Total	99	56.31			

C.V. 9.75 %

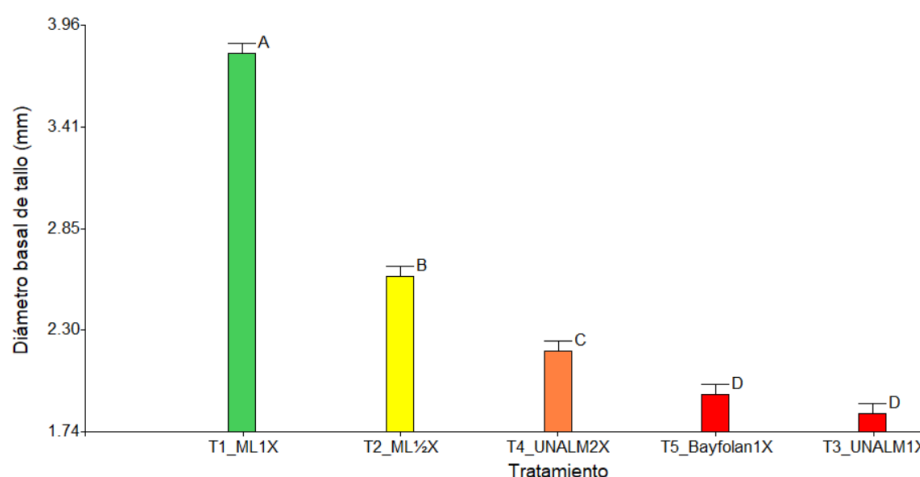
La tabla 16 muestra que entre los tratamientos en estudio existe diferencia altamente significativa, el coeficiente de variabilidad fue 9.75 % siendo considerado como homogéneo según la escala de calificación de Calzada (1980) y es aceptable para este tipo de trabajos.

Tabla 17. Prueba de Tukey para diámetro basal de tallo a los 90 días (mm)

Mérito	Tratam.	Media (mm)	Nivel de significación 0.05
1	T1 Sol. ML 1X (750 ml de ABC)	3.81	A
2	T2 Sol. ML ½ X (375 ml de ABC)	2.59	B
3	T4 Sol. UNALM 1/2X	2.19	C
4	T5 Bayfolan 1X	1.95	D
5	T3 Sol. UNALM 1X	1.85	D

La tabla 17 muestra que el tratamiento T1 Sol. ML 1X (800 ml de ABC) supera estadísticamente a los demás tratamientos (A) con 3.81 mm, así mismo el tratamiento T2 Sol. ML ½ X (400 ml de ABC) se diferencia de los demás tratamientos (B) con 2.59 mm y entre los tratamientos T5 Bayfolan 1X y T3 Sol. UNALM 1X no existe diferencia estadística y ocupan los últimos lugares en formar diámetro de tallo basal con 1.95 y 1.85 mm respectivamente (D).

Figura 8. Diámetro basal de tallo a los 90 días (mm)



La figura 8 muestra que el tratamiento con solución hidropónica ML 1X muestra el mejor resultado en formar un mejor diámetro basal de tallo lo cual le proporciona estabilidad al cultivo hidropónico ya que se realiza de 4 a 5 cortes después de cambiar de solución hidropónica, las soluciones hidropónicas con Bayfolan y UNALM no logran engrosar los tallos.

4.2.8. Plagas y enfermedades

Tabla 18. Registro de plagas y enfermedades

Mérito	Tratam.	Enfermedad	Severidad %
1	T1 Sol. ML 1X (750 ml de ABC)	Alternaria sp.	3
2	T2 Sol. ML ½ X (375 ml de ABC)	Alternaria sp.	4
3	T4 Sol. UNALM 1/2X	Alternaria sp.	3
4	T5 Bayfolan 1X	Alternaria sp.	3
5	T3 Sol. UNALM 1X	Alternaria sp.	4

La tabla 19 muestra que el berro hidropónico es atacado por *Alternaria* sp con una severidad menor al 4% en el experimento se ha controlado con Bio control que contiene Aminoácidos, Inductores de fitoalexinas, Sulfato de cobre pentahidratado, Vitaminas B1 (Empres Master Agro).

4.2.9. Precocidad (días)

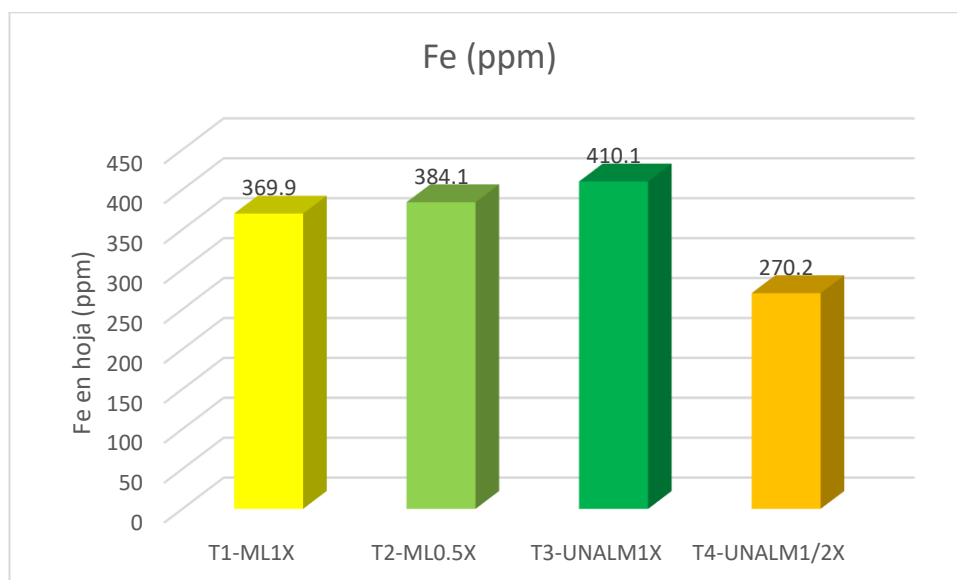
Tabla 19. Días a la producción de plantas lista para la cosecha

Mérito	Tratam.	(días)
1	T1 Sol. ML 1X (750 ml de ABC)	25
2	T2 Sol. ML ½ X (375 ml de ABC)	25
3	T4 Sol. UNALM 1/2X	25
4	T5 Bayfolan 1X	--
5	T3 Sol. UNALM 1X	25

La tabla 18 muestra que todos los tratamientos logran alcanzar el tamaño adecuado a los 25 días para ser cortadas y comercializadas, sin embargo, no todas presentan la misma cantidad de hojas ni el grosor de tallo, la comercialización se realiza en base a paquetes tapers de 120 gramos de peso.

4.2.10. Contenido de hierro en hojas

Figura 9. Concentración de Fe en hojas (ppm)



La Figura 9 muestra que la mayor concentración de hierro foliar se obtuvo con T3 – UNALM 1X, alcanzando 410.1 ppm, seguido por T2 – ML 0.5X con 384.1 ppm, T1 – ML 1X con 369.9 ppm, y finalmente T4 – UNALM 1/2X con 270.2 ppm. En términos numéricos, el orden de acumulación de Fe fue: $T3 > T2 > T1 > T4$.

Esto indica que la solución UNALM 1X favoreció una mayor acumulación de hierro en el tejido foliar del berro. Desde el punto de vista nutricional, este resultado es importante porque el berro es una hortaliza de hoja consumida principalmente por su parte aérea; por tanto, una mayor concentración de Fe en hojas puede mejorar su valor alimenticio, especialmente en contextos donde se busca promover alimentos ricos en micronutrientes.

Sin embargo, el tratamiento que acumuló más hierro no fue el mismo que presentó el mejor comportamiento agronómico general. Según el resumen y los resultados de la tesis, T1 – ML 1X destacó en altura de planta, número de hojas, peso fresco aéreo y diámetro basal del tallo, mientras que T3 sobresalió principalmente en contenido de Fe y también mostró buen desarrollo radicular. Esto sugiere una posible

relación de compensación: T1 favorece más el crecimiento comercial, mientras que T3 favorece más la concentración mineral de hierro.

Agronómicamente, esta diferencia puede explicarse por el balance iónico de cada solución nutritiva. En hidroponía, la absorción de Fe no depende únicamente de la cantidad de hierro aportada, sino también del pH, la conductividad eléctrica, la forma química del Fe, la aireación radicular y la interacción con otros nutrientes como calcio, fósforo, manganeso y zinc. Un tratamiento puede generar mayor biomasa, pero diluir la concentración de Fe en los tejidos; esto podría explicar por qué T1 tuvo mejor crecimiento, pero no el mayor valor de Fe foliar.

No se determinó del tratamiento 5 debido a que la mortandad de plantas fue elevada mayor a 90% causado por la baja concentración de nutrientes y la alta concentración de sales.

4.3. Prueba de hipótesis

Se acepta la premisa general planteada, el efecto de cinco dosis de solución nutritiva fue significativo en el cultivo de berros hidropónicos (*Nasturtium officinale*) en condiciones de Pachacamac - Lima.

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Porcentaje de mortandad

La tasa de mortandad observada en el presente estudio fue baja en todos los tratamientos, a excepción del tratamiento 5, lo cual indica una adaptación favorable del berro (*Nasturtium officinale*) a las condiciones hidropónicas controladas de Pachacamac. Resultados similares fueron reportados por Biesiada y Kuś (2010), quienes destacaron que un adecuado manejo de la solución nutritiva, especialmente en nitrógeno y calcio, reduce el estrés fisiológico y, por ende, las pérdidas por mortandad. Asimismo, Hochmuth et al. (2003) sugieren que, en cultivos de hoja como el berro, una

solución balanceada con una CE entre 2.0 y 2.5 dS/m y pH entre 5.5 y 6.5 favorece el establecimiento de plántulas y evita enfermedades radiculares. En condiciones similares, Silva et al. (2022) encontraron que el berro en NFT con baja recirculación tuvo una tasa de supervivencia superior al 95 %, confirmando que la oxigenación constante del agua es clave en sistemas cerrados. Por su parte, Oliveira et al. (2020) demostraron que, en zonas de alta temperatura ambiental, como Pachacamac, el control del microclima (sombra parcial y aireación pasiva) es determinante para reducir la mortalidad por shock térmico. Finalmente, los resultados de esta investigación coinciden con lo señalado por Gardenify (2023), al resaltar que el éxito en la producción hidropónica de berro depende no solo de la solución nutritiva, sino también de la densidad de siembra, el control sanitario y el monitoreo ambiental constante. En resumen, la baja mortandad observada respalda la viabilidad del sistema propuesto, siempre que se mantengan las condiciones edafoclimáticas y de manejo dentro de los rangos óptimos establecidos por la literatura.

4.4.2. Altura de planta

Los resultados obtenidos muestran que las plantas de berro T1 Sol. ML 1X (800 ml de ABC) alcanzaron una mayor altura promedio respecto a los demás tratamientos con 63.65 cm. Este comportamiento sugiere que una concentración moderadamente alta de nutrientes favorece el crecimiento vegetativo, posiblemente por una mejor disponibilidad de nitrógeno, elemento clave en la síntesis de proteínas y elongación celular. En estudios similares, Oliveira et al. (2020) señalaron que el desarrollo en altura del berro en hidroponía está directamente relacionado con la adecuada proporción de N y K en la solución, logrando plantas más vigorosas y de mayor tamaño en condiciones óptimas de CE (2.5 dS/m). Por su parte, Silva et al. (2022) reportaron que la altura de *Nasturtium officinale* puede incrementarse hasta en un 50 % bajo recirculación

constante y buena oxigenación de la solución nutritiva, lo cual coincide con los sistemas usados en esta investigación. Gardenify (2023) menciona que los niveles de luz, temperatura y humedad también modulan la respuesta morfológica del berro, siendo la altura un indicador temprano del equilibrio nutricional. Además, los hallazgos de dosificaciones similares en lechuga hidropónica por Resh (2022) demostraron que concentraciones intermedias de macroelementos inducen mayor crecimiento en comparación con niveles bajos o excesivos, lo cual apoya la respuesta positiva observada en este experimento.

4.4.3. Número de hojas por planta

Los resultados indican que el tratamiento T1 Sol. ML 1X (800 ml de ABC) de solución nutritiva favoreció un mayor número de hojas por planta 22.65, lo que refleja un óptimo equilibrio de nutrientes esenciales, especialmente nitrógeno, potasio y magnesio. Según Oliveira et al. (2020), el desarrollo foliar del berro se ve estimulado en sistemas hidropónicos cuando se mantiene una conductividad eléctrica adecuada (entre 2.0 y 2.5 dS/m), ya que promueve la síntesis de clorofila y el crecimiento celular. Asimismo, Silva et al. (2022) demostraron que el número de hojas se incrementa significativamente cuando la oxigenación del sistema NFT es constante, al evitar estrés radicular y favorecer la absorción de nutrientes. De acuerdo con Resh (2022), en cultivos hidropónicos de hoja como lechuga, un buen balance de nitrógeno en la solución estimula el desarrollo de más brotes y hojas nuevas, lo cual también es aplicable al berro, dada su fisiología similar. Además, Gardenify (2023) advierte que dosis excesivas o deficientes de nutrientes pueden limitar el número de hojas, ya sea por toxicidad o por carencias que afectan el metabolismo. Por tanto, los resultados de este estudio coinciden con lo reportado por la literatura especializada, donde la formulación adecuada de la solución nutritiva y el control del ambiente permiten una

mayor emisión foliar, lo cual es clave para incrementar la biomasa cosechable del berro hidropónico.

4.4.4. Peso fresco de la parte aérea

Los resultados obtenidos en este estudio indican que el tratamiento T1 Sol. ML 1X (800 ml de ABC) de solución nutritiva permitió alcanzar el mayor peso fresco de la parte aérea en las plantas de berro 13.10 gramos. Este resultado es coherente con lo señalado por Silva et al. (2022), quienes demostraron que en sistemas hidropónicos con flujo constante y una solución bien oxigenada, el berro puede alcanzar hasta un 47 % más de biomasa en comparación con el cultivo en suelo. De manera similar, Oliveira et al. (2020) resaltan que el mayor rendimiento en peso fresco está vinculado a una correcta formulación de nutrientes, especialmente nitrógeno, potasio y calcio, fundamentales en la formación de tejidos vegetales y turgescencia celular. Resh (2022) también enfatiza que el manejo adecuado de la conductividad eléctrica y el pH asegura una absorción eficiente, lo cual se traduce directamente en mayor masa foliar y turgencia. Según Gardenify (2023), una CE entre 2.0 y 2.5 dS/m es ideal para cultivos de hojas como el berro, pues favorece el equilibrio hídrico y metabólico necesario para un crecimiento sostenido. En efecto, la mayor acumulación de biomasa fresca en la dosis 4 podría deberse a una mayor eficiencia en el uso del agua y nutrientes, condiciones típicas de sistemas hidropónicos bien gestionados, como también lo evidenció Benko et al. (2016) en sistemas NFT de berro. Por tanto, el presente trabajo confirma que una nutrición balanceada en sistemas hidropónicos permite maximizar el peso fresco, indicador clave para el rendimiento comercial del cultivo.

4.4.5. Peso fresco radicular

Los resultados obtenidos muestran que la mayor acumulación de peso fresco en raíces se logró con los tratamientos T1 Sol. ML 1X (800 ml de ABC) y T3 Sol. UNALM

1X con 2.65 y 2.54 gramos respectivamente, lo cual indica que una concentración intermedia-alta de nutrientes favorece el desarrollo radicular del berro (*Nasturtium officinale*) en condiciones hidropónicas. Este hallazgo concuerda con el estudio de Silva et al. (2022), quienes observaron que sistemas con buena recirculación y oxigenación promueven una mayor masa radicular debido a la óptima absorción de oxígeno y nutrientes. Asimismo, Oliveira et al. (2020) destacan que el calcio y el fósforo son elementos clave en la formación de raíces fuertes y extensas, lo que incrementa el peso radicular en hidroponía. Resh (2022) también enfatiza que el pH adecuado (entre 5.5 y 6.5) y una CE controlada potencian el crecimiento radicular al evitar toxicidades o deficiencias. De igual forma, Gardenify (2023) resalta que un sistema NFT bien balanceado, con intervalos apropiados de solución, reduce el estrés hídrico y mejora la biomasa de las raíces. Por otro lado, Benko et al. (2016) señalaron que la densidad de siembra influye indirectamente en el peso radicular, ya que plantas menos competidas presentan sistemas radicales más desarrollados. En este sentido, los resultados de la presente tesis validan que el manejo eficiente de la solución nutritiva, combinado con factores físicos del sistema hidropónico, favorece un mayor peso fresco radicular, lo cual es clave para el soporte y eficiencia de absorción en el cultivo de berro.

4.4.6. Área foliar

Los resultados muestran que los tratamientos T1 Sol. ML 1X (800 ml de ABC) y T3 Sol. UNALM 1X promovieron la mayor área foliar en plantas de berro con 396.8 y 391.3 cm² respectivamente, lo cual evidencia una adecuada respuesta fisiológica ante un equilibrio óptimo de nutrientes esenciales en la solución nutritiva. Esta tendencia ha sido ampliamente documentada por Silva et al. (2022), quienes demostraron que un suministro eficiente de macronutrientes, en especial nitrógeno y potasio, favorece la expansión celular y la formación de láminas foliares amplias en cultivos hidropónicos

de hoja. De forma complementaria, Oliveira et al. (2020) señalaron que condiciones ambientales controladas, como buena ventilación, sombra parcial y recambio constante de solución, contribuyen a mantener un microclima que estimula el desarrollo foliar. Resh (2022) destaca que el área foliar es un indicador directo de la actividad fotosintética y la salud general de las plantas, y se relaciona directamente con el rendimiento final del cultivo. Asimismo, Gardenify (2023) enfatiza que valores óptimos de CE (2.0–2.5 dS/m) y pH (5.5–6.5) permiten maximizar la absorción de nutrientes responsables del crecimiento foliar. Por otro lado, Benko et al. (2016) encontraron que plantas de berro cultivadas con soluciones equilibradas mostraron un 45 % más de área foliar que aquellas con dosis subóptimas. En ese sentido, los resultados del presente trabajo coinciden con la literatura, demostrando que la formulación de nutrientes bien ajustada tiene un impacto directo en el desarrollo foliar del berro bajo condiciones hidropónicas.

4.4.7. Diámetro basal de tallo

Los resultados de este estudio revelan que las plantas de berro del tratamiento T1 Sol. ML 1X (800 ml de ABC) de solución nutritiva presentaron el mayor diámetro basal de tallo con 3.81 mm, lo cual sugiere una mayor acumulación de fotoasimilados y fortaleza estructural. Este comportamiento coincide con los hallazgos de Oliveira et al. (2020), quienes indican que un suministro balanceado de calcio, nitrógeno y potasio favorece la lignificación y expansión celular, permitiendo un engrosamiento adecuado del tallo en cultivos hidropónicos. Silva et al. (2022) también observaron que, en condiciones de oxigenación constante y CE controlada, el tallo del berro aumenta su grosor, facilitando un mayor transporte de agua y nutrientes hacia las hojas. Resh (2022) menciona que el diámetro basal es un indicador clave del vigor general de la planta, ya que refleja la robustez del sistema vascular y la eficiencia fisiológica. Gardenify (2023)

señala que un pH ligeramente ácido y CE entre 2.0 y 2.5 dS/m optimiza la absorción de elementos esenciales para el desarrollo del tallo. Además, Benko et al. (2016) encontraron que el incremento del diámetro en *Nasturtium officinale* está correlacionado positivamente con el rendimiento total y la tolerancia a condiciones ambientales variables. Por tanto, el mayor diámetro observado en este experimento confirma que el manejo nutricional en sistemas hidropónicos impacta directamente en la morfología y salud estructural del cultivo.

4.4.8. Plagas y enfermedades

En el presente estudio se observó una baja incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo hidropónico de berro (*Nasturtium officinale*), resultado que puede atribuirse a las condiciones controladas del sistema, así como al manejo preventivo. De acuerdo con Resh (2022), los cultivos hidropónicos presentan una menor exposición a patógenos del suelo, como hongos y nematodos, ya que el sustrato inerte y la solución nutritiva limpia limitan la propagación de enfermedades. Asimismo, Oliveira et al. (2020) destacan que sistemas NFT bien diseñados, con recirculación constante, reducen el estrés hídrico y evitan condiciones favorables para el desarrollo de plagas como áfidos o trips. Silva et al. (2022) observaron que en sistemas bien oxigenados y con buen drenaje, la incidencia de enfermedades fúngicas es muy reducida. Según Gardenify (2023), aunque los cultivos hidropónicos no están completamente exentos de amenazas fitosanitarias, su monitoreo constante y el ambiente regulado dificultan la infestación severa. Por otro lado, Benko et al. (2016) informan que el berro cultivado en hidroponía presenta una resistencia superior frente a enfermedades bacterianas en comparación con cultivos tradicionales. Además, el uso preventivo de trampas cromáticas, mallas antiinsectos y soluciones higienizadas —como se hizo en este estudio— puede explicar la mínima afectación registrada. Por tanto, los resultados

confirman que la hidroponía es una estrategia efectiva para reducir riesgos fitosanitarios y garantizar una producción limpia y saludable.

4.4.9. Precocidad (días)

Los resultados muestran que las cinco soluciones nutritivas alcanzan el tamaño adecuado para el corte y comercialización a los 25 días, evidenciando un efecto positivo sobre la precocidad del berro en sistema hidropónico, en condiciones de campo se logra a los 45 días. Según Resh (2022), un suministro equilibrado de nutrientes esenciales — particularmente nitrógeno, fósforo y potasio— acelera los procesos metabólicos y fisiológicos que conducen al desarrollo temprano de biomasa aprovechable. Esta afirmación es respaldada por Silva et al. (2022), quienes observaron que un sistema NFT con recirculación constante y buena aireación puede reducir el tiempo hasta cosecha hasta en un 20 % respecto a cultivos en suelo. Además, Oliveira et al. (2020) señalan que el uso eficiente del agua y nutrientes en hidroponía crea condiciones óptimas para el crecimiento rápido y uniforme, disminuyendo el ciclo vegetativo del berro. Gardenify (2023) también destaca que el control ambiental y nutricional permite alcanzar precocidad sin comprometer el rendimiento ni la calidad del cultivo. Por su parte, Benko et al. (2016) demostraron que plantas de berro cultivadas con soluciones nutritivas formuladas específicamente para su especie alcanzaron cosecha hasta una semana antes que aquellas con soluciones genéricas. En este contexto, la precocidad observada en el presente estudio no solo mejora la eficiencia del sistema productivo, sino que también permite ciclos más cortos, con mayor número de cosechas por año y mejor aprovechamiento económico.

4.4.10. Contenido de hierro en hojas

Los resultados obtenidos para el contenido de hierro en hojas de berro hidropónico evidencian diferencias importantes entre las soluciones nutritivas

evaluadas. La mayor concentración de hierro foliar se registró en el tratamiento T3, correspondiente a la solución UNALM 1X, con 410.1 ppm, seguido por T2, solución ML 0.5X, con 384.1 ppm, T1, solución ML 1X, con 369.9 ppm, y T4, solución UNALM 2X, con 270.2 ppm. Este comportamiento demuestra que la acumulación de hierro en el tejido foliar no dependió únicamente de una mayor concentración general de la solución nutritiva, debido a que la solución UNALM 2X presentó el menor contenido de Fe, mientras que la solución UNALM 1X alcanzó el valor más alto. Por tanto, el resultado sugiere que una concentración equilibrada de nutrientes favorece mejor la absorción y translocación del hierro hacia las hojas que una formulación más concentrada.

Desde el punto de vista fisiológico, el mayor contenido de hierro en T3 puede explicarse por una mejor disponibilidad del micronutriente en la solución nutritiva y por un equilibrio iónico más favorable para su absorción radicular. En hidroponía, el hierro es un elemento altamente sensible al pH, a la conductividad eléctrica y a las interacciones con otros nutrientes como fósforo, calcio, manganeso y zinc. Por ello, una solución más concentrada no siempre incrementa la absorción de Fe; por el contrario, puede generar antagonismos nutricionales, precipitación del hierro o reducción de su disponibilidad para la planta. En ese sentido, el menor valor observado en T4 indica que duplicar la concentración de la solución UNALM no mejoró la acumulación foliar de hierro y pudo haber reducido su eficiencia de absorción.

Estos resultados coinciden con lo señalado por Medellín Muñoz (2021), quien evaluó el berro en sistema hidropónico y encontró que el hierro influye positivamente en el desarrollo de la planta cuando se maneja en concentraciones adecuadas, especialmente bajo niveles de pH entre 5.5 y 6.5. El autor también reportó la presencia de Fe en hojas y tallos de berro, confirmando que esta especie tiene capacidad de

acumular hierro en la parte aérea cuando la solución nutritiva presenta condiciones químicas favorables. Esta comparación permite sostener que el tratamiento T3 presentó una mejor eficiencia nutricional para la acumulación de hierro, mientras que T1, aunque fue superior en crecimiento agronómico general, no alcanzó el mayor valor de Fe foliar.

Asimismo, se observa una posible relación de compensación entre crecimiento vegetativo y concentración mineral. El tratamiento T1 promovió mayor altura de planta, peso fresco aéreo y diámetro basal, pero T3 concentró más hierro en las hojas. Esto puede deberse al efecto de dilución, donde una mayor producción de biomasa puede reducir la concentración relativa de micronutrientes en los tejidos. En consecuencia, si el objetivo principal es maximizar el rendimiento comercial del berro, la solución ML 1X resulta más conveniente; sin embargo, si se busca mejorar la calidad nutricional por contenido de hierro, la solución UNALM 1X presenta mayor importancia agronómica y alimentaria.

En términos nutricionales, el contenido de hierro foliar obtenido en T3 es relevante porque el berro se consume principalmente por sus hojas y tallos tiernos. Por ello, una mayor concentración de Fe en la parte aérea puede incrementar su valor como hortaliza funcional, especialmente en dietas orientadas a mejorar el aporte de micronutrientes, en futuros estudios, relacionar el contenido de Fe foliar con el pH, conductividad eléctrica y concentración real de hierro disponible en cada solución nutritiva.

CONCLUSIONES

1. En cuanto a las características agronómicas se concluye que el tratamiento T1 (Sol. ML 1X – 800 ml de A, B, C) obtuvo los mejores resultados agronómicos en el cultivo de berro hidropónico. Este tratamiento destacó en altura de planta, número de hojas, peso fresco aéreo, área foliar y diámetro basal del tallo. Además, junto con T3, logró un desarrollo radicular superior. La incidencia de enfermedades fue mínima, con presencia leve de *Alternaria sp.* Por tanto, la solución ML 1X representa una opción eficiente para optimizar el crecimiento y sanidad del berro en sistemas hidropónicos.
2. En cuanto a la precocidad todos los tratamientos logran alcanzar el tamaño adecuado a los 25 días para ser cortadas y comercializadas.
3. En cuanto al contenido de hierro se concluye que la solución UNALM 1X permitió el mayor contenido de hierro en hojas de berro hidropónico, alcanzando 410.1 ppm. Este resultado evidencia que una solución nutritiva equilibrada favorece mejor la absorción de Fe que una mayor concentración de nutrientes.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los agricultores utilizar la solución nutritiva ML 1X (800 ml de A, B y C) en sistemas hidropónicos de berro, ya que ha demostrado ser la más eficiente en promover características agronómicas superiores como mayor altura, peso fresco, área foliar y sanidad vegetal, optimizando así la productividad del cultivo.
2. Dado que todos los tratamientos permitieron la cosecha del berro a los 25 días, se sugiere implementar un sistema de producción escalonado para aprovechar esta precocidad, permitiendo múltiples ciclos de cultivo al año y aumentando la rentabilidad mediante cosechas frecuentes y programadas.
3. Los fertilizantes foliares no sustituyen a una solución nutritiva balanceada y se debe evitar el uso en sistemas hidropónicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benko, B., Sági, L., & Tózsér, J. (2016). Optimization of the watercress (*Nasturtium officinale*) production in hydroponic system. *Acta Horticulturae*, 1142, 143–148. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1142.18>
- Biesiada, A., & Kuś, A. (2010). The effect of nitrogen fertilization and irrigation on yielding and nutritional status of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, 9(2), 3–12. <https://doi.org/10.24326/asphc.2010.09.2.1>
- Birgi, J. A. (2015). Producción hidropónica de hortalizas de hoja. EEA Santa Cruz, INTA.
- CABI. (2018). *Nasturtium officinale* (watercress). In CABI Compendium. Recuperado de <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.1079/cabicompendium.35646>
- Campos, G. (2024). Cultivo Inovador e Sustentável de *Nasturtium officinale* L. por Hidroponia com Reaproveitamento de Águas Residuais da Produção de *Squalius alburnoides* (Master's thesis, Instituto Politecnico de Braganca (Portugal)).
- Carrasco, G., & Izquierdo, J. (1996). La empresa hidropónica de mediana escala: La técnica de la solución nutritiva recirculante (NFT). Universidad de Talca; FAO. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.14001/27484>
- Charles Darwin foundation (2024). El berro. <https://datazone.darwinfoundation.org/es/checklist/?species=1991>
- Choque Jaquehua, W. E. (2017). Comparativo de cinco dosis de soluciones nutritivas en la producción de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) mediante el sistema hidropónico de raíz flotante en K'ayra-Cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Recuperado de <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/680656>
- Cooper, A. J. (1996). Nutrient film technique (NFT) and nutrient solution requirements. En T. M. Resh (Ed.), *Hydroponic Food Production* (Cap. “Nutrient solutions”, pp. ...).

CRC Press. Recuperado de <https://extension.psu.edu/hydroponics-systems-and-principles-of-plant-nutrition-essential-nutrients-function-deficiency-and-excess>

Cortez, F. N. M., & Mendoza, C. K. G. (2025.). Reaprovechamiento de aguas residuales en sistemas hidropónicos. Universidad César Vallejo.

Espinoza Mejía, R., & Gutiérrez Martínez, D. (2014). Estudio de las propiedades nutricionales y medicinales del berro (*Nasturtium officinale* R. Br.) en la provincia de Loja. Universidad Nacional de Loja. Recuperado de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5663/1/Espinoza%20Mejia%20Rosa%20%26%20Gutierrez%20Martinez%20Delia.pdf>

Fernández Navarro, M. A. (2013). Efecto de diferentes niveles de aireación de la solución nutritiva sobre el crecimiento y la calidad de canónigos y berros cultivados en bandejas flotantes. Universidad Politécnica de Cartagena. Recuperado de <https://repositorio.upct.es/handle/10317/3130>

Gardenify. (2023). Growing watercress hydroponically: Nutrient levels and care. <https://www.gardenify.com/growing-watercress-hydroponically/>

Hoagland, D. R., & Arnon, D. I. (1950). The water-culture method for growing plants without soil (Revised ed.). University of California, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station. Disponible en https://en.wikipedia.org/wiki/Hoagland_solution

Hochmuth, G., Maynard, D., Vavrina, C., Hanlon, E., & Simonne, E. (2003). Plant nutrition and nutrient management in Florida vegetable production. University of Florida IFAS Extension. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/CV296>

INIA. (2024). Berro hidropónico, el superalimento que se alza como alternativa productiva eficiente y saludable en zonas de escasez hídrica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Recuperado de <https://agrochileperu.com/2024/07/11/berro->

hidroponico-el-superalimento-que-se-alza-como-alternativa-productiva-eficiente-y-saludable-en-zonas-de-escasez-hidrica/

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2010). Plantas aromáticas y medicinales: Enfermedades de importancia y su manejo. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getattachment/2c392587-f422-4ff5-a86f-d80352f0aa11/Plantas-aromaticas-y-medicinales-Enfermedades-de.pdf>

Maquera Puma, J. A. (2023). Evaluación de la capacidad fitorremediadora de la especie *Nasturtium officinale* (berro) en relación con diferentes concentraciones de arsénico, distrito de Torata, Moquegua-2022.

Marcos, A. (2021). La producción de alimentos genera un tercio de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Agencia SINC. Recuperado de <https://www.agenciasinc.es/Noticias/La-produccion-de-alimentos-genera-un-tercio-de-las-emisiones-globales-de-gases-de-efecto-invernadero>

Medellin Muñoz, M. F. (2021). Caracterización agronómica del berro (*Nasturtium officinale* R. Br.) y respuesta a diferentes soluciones nutritivas en un sistema hidropónico [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. Repositorio Institucional de Acceso Abierto de la UAEM. <https://riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/2002>

Metcalf, C. R., & Chalk, L. (1979). *Anatomy of the Dicotyledons* (2ª ed.). Oxford University Press.

Minnesota Wildflowers. (s.f.). *Nasturtium officinale* (Watercress). Recuperado de <https://www.minnesotawildflowers.info/flower/watercress> MINNESOTA WILDFLOWERS

Módulos Hidropónicos Sistema Raíz Flotante (SRF): producción de lechugas y berros bajo invernadero. (s.f.). Recuperado de SCRIBD.

- Muñoz, M. F. M. (2021). Caracterización agronómica del berro *Nasturtium officinale* R. Br. y respuesta a diferentes soluciones nutritivas en un sistema hidropónico.
- Niñirola Campoy, D. (2013). La aireación de la solución nutritiva afecta a la producción y postcosecha del berro (*Nasturtium officinale*) en el sistema de cultivo en bandejas flotantes. Universidad Politécnica de Cartagena. Recuperado de <https://repositorio.upct.es/handle/10317/3711>
- Oliveira, R. M., Santos, C. M., & Cardoso, A. I. I. (2020). Performance of watercress in hydroponic systems under different environmental conditions. *Scientia Agricola*, 77(5), e20190316. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2019-0316>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. Recuperado de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/158f38e2-86ef-47a9-aa3e-21be6fe6bd28/content>
- Osses Canales, I. J., Carrasco Silva, G., & Moggia Lucchini, C. (2010). Efecto de diferentes dosis de una mezcla Peroxiacetica en el rendimiento y calidad de berro hidropónico (*Nasturtium officinale* R. Br.) cultivado en primavera (Doctoral dissertation, Universidad de Talca (Chile) Escuela de Agronomía).
- Pacheco, M. (1973). Sobre a morfologia e anatomia do *Nasturtium officinale* R. Brown. *Boletim de Botânica*, 31, 1-12. REVISTAS USP
- Pérez Arbelaezia, E. (2017). Requerimientos edafoclimáticos de plantas medicinales en Colombia. *Revista Científica Pérez Arbelaezia*, 17, 45-58. Recuperado de https://issuu.com/bibiana.andrea.alturo/docs/revista_cientificaperezarbelaezia_17web
- Plantas y Estanques. (2025). *Nasturtium officinale*. Recuperado de <https://plantasyestanques.es/plantas-de-estanque/porte-bajo-y-rastreras/nasturtium-officinale/> Plantas y estanques

- Poma, A. W. (2025). Diseño de un sistema hidropónico para la producción de hortalizas en zonas urbanas. Universidad César Vallejo.
- Radio Huesca. (2025). El Campus de Huesca analiza la producción conjunta de vegetales y peces como alternativa de generación de alimentos. Cadena SER. Recuperado de <https://cadenaser.com/aragon/2025/03/12/el-campus-de-huesca-analiza-la-produccion-conjunta-de-vegetales-y-peces-como-alternativa-de-generacion-de-alimentos-radio-huesca/>
- Radio Morón. (2024). Las nuevas tecnologías mejoran la producción agrícola en España. Cadena SER. Recuperado de <https://cadenaser.com/andalucia/2024/12/16/las-nuevas-tecnologias-mejoran-la-produccion-agricola-en-espana-radio-moron/>
- Ramírez Albores, J. E. (2016). Proceso de invasión del pirul (*Schinus molle* L., Anacardiaceae) en México. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. Recuperado de <https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/445/3/TDIPICYTR3P72016.pdf>
- Resh, H. M. (2022). Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower (8th ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003042032>
- Resh, M. H. (1992). Cultivos hidropónicos. Mundi-Prensa.Tercera Edición. España, Madrid. 369p.
- Rosero Lema, N. E. (2015). Respuesta a la aplicación de cuatro soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico del berro (*Nasturtium officinale* L.), en el cantón Otavalo, provincia de Imbabura. Universidad Técnica de Babahoyo. Recuperado de <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/999>

- Schuchardt, J. P., Hahn, A., Greupner, T., Wasserfurth, P., Rosales-López, M., Hornbacher, J., & Papenbrock, J. (2019). Watercress–cultivation methods and health effects. <https://repo.uni-hannover.de/items/fb87c685-e80c-49d3-9937-579343bf59da>
- Silva, F. A., Moraes, A. R. F., & Almeida, R. L. (2022). Hydroponic production of watercress using different flow rates in NFT systems. *Heliyon*, 8(9), e10654. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10654>
- U.S. Geological Survey. (2025). Species Profile - *Nasturtium officinale*. Recuperado de <https://nas.er.usgs.gov/queries/GreatLakes/FactSheet.aspx?SpeciesID=229>
- ESPECIES ACUÁTICAS NO INDÍGENAS.
- Universidad Autónoma del Estado de Morelos. (s.f.). Caracterización agronómica del berro (*Nasturtium officinale* R. Br.) y respuesta a diferentes soluciones nutritivas en un sistema hidropónico. Recuperado de RIAA.
- Universidad de Almería. (s.f.). Objetivos, controles y métodos de fertirrigación en cultivos sin suelo. Recuperado de UAL.
- Universidad del Azuay. (2008). Elaboración del manual de apoyo y ayudas visuales para el cultivo de plantas medicinales. Recuperado de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/449/1/06655.pdf>
- Universidad Técnica del Norte. (s.f.). Evaluación de las propiedades funcionales del berro (*Nasturtium officinale*) de cultivo hidropónico.
- Vásquez Vásquez, L. (2008). Efecto de soluciones nutritivas y sombreo en la producción y calidad del berro (*Nasturtium officinale*) hidropónico en la Sierra Norte de Oaxaca.

ANEXOS

INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Análisis foliar de Berros



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



INFORME DE ANÁLISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : KATTERIN MELIZA LEON ESPIRITU
PROCEDENCIA : CALLE 5 CASA BLANCA PACHACAMAC 15023
MUESTRA : HOJAS
REFERENCIA : H.R. 87308
BOLETA : 7705
FECHA : 12/12/2025

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Fe ppm
4216	ML1X	369.90
4217	ML0.5X	384.10
4218	UNALM1X	410.10
4219	UNALM0.5X	270.20



Dra. Lily Tello Peramás
Jefa de Laboratorio

Análisis de agua



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-074



INFORME DE ENSAYO N° 2025-0016859



Razón social del cliente: VERMI S.A.C.

RUC: 20108555786

Domicilio legal del cliente: AV. GRAU NRO. 810 INT. 7-8

Cotización: 2025-1427

Producto declarado: Agua Para Uso y Consumo Humano / Agua Potable
Número de Muestras: 12
Presentación: Frasco de plástico y vidrio // Ocho (08) unidades de 1L, tres (03) unidades de 500mL y una (01) unidad de 250mL
Procedencia: Calle 5 Mz F Lote 143 Urb. Casa Blanca, Pachacamac
Condición de la muestra: Refrigerada
Muestreado por: El Cliente
Procedimiento de muestreo: No Aplica
Plan de muestreo: No Aplica
Fecha y hora de muestreo: 2025-08-08 - 18:45
Coordenadas: 297444,697E - 8648749,761N - Zona: No Aplica
Punto de muestreo: Línea 1 / Toma Agua Desinfección
Fecha de recepción de la muestra: 2025-08-08 - 19:00:00
Código de Muestra: 2025-0016859
Fecha de inicio de análisis: 2025-08-08
Fecha de término de análisis: 2025-08-15
Fecha de emisión: 2025-08-18

Microbiológicos				
Análisis	L.D.M	L.C.M	Unidad	Resultados
Recuento de bacterias heterotrofas	---	1	UFC/ ml	<1 Recuento estándar en placa estimado
Escherichia coli	---	1,1	NMP/100 ml	<1,1
Coliformes totales	---	1,1	NMP/100 ml	<1,1
Coliformes fecales o termotolerantes (nmp)	---	1,1	NMP/100 ml	<1,1
Físico Químicos				
Análisis	L.D.M	L.C.M	Unidad	Resultados
Molibdeno	0,001	0,003	mg Mo/L	<0,003
Color verdadero	1	3	UC Pt/Co	<3
Dureza total	2	5	mg CaCO3 /L	391
Nitratos	0,010	0,025	mg N-NO3 /L	8,031

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-13-15-01/ V06, 2023.07.18

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control SAC
Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador
(+511) 660 2323

INFORME DE ENSAYO N° 2025-0016859

Físico Químicos				
Análisis	L.D.M	L.C.M	Unidad	Resultados
Nitritos	0,004	0,010	mg N-NO ₂ /L	<0,010
Turbidez	0,02	0,05	NTU	0,15
Cloruros	2	4	mg Cl-/L	117
Cianuro total	0,005	0,013	mg CN- /L	<0,013
Aceites y grasas	0,2	0,5	mg/L	<0,5
Conductividad (25°C)	—	0,01	µmho/cm	713,00
Sulfatos	1	3	mg SO ₄ /L	163
Selenio	0,001	0,003	mg Se/L	<0,003
Plomo	0,001	0,003	mg Pb/L	<0,003
Hierro	0,001	0,003	mg Fe/L	<0,003
Manganeso	0,001	0,003	mg Mn/L	<0,003
Aluminio	0,001	0,003	mg Al/L	<0,003
Cobre	0,001	0,003	mg Cu/L	<0,003
Zinc	0,001	0,003	mg Zn/L	<0,003
Sodio	0,003	0,008	mg Na/L	19,614
Antimonio	0,001	0,003	mg Sb/L	<0,003
Arsénico	0,003	0,008	mg As/L	<0,008
Bario	0,001	0,003	mg Ba/L	0,038
Boro	0,001	0,003	mg B/L	0,203
Cadmio	0,001	0,003	mg Cd/L	<0,003
Cromo Total	0,001	0,003	mg Cr/L	<0,003
Mercurio	0,0004	0,0010	mg Hg/L	<0,0010
Níquel	0,001	0,003	mg Ni/L	<0,003
Sólidos totales disueltos	3	8	mg/L	406

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Recuento de bacterias heterotrofas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9215 B, 24th Ed. (Incluye MUESTREO) 2023 Heterotrophic Plate Count. Pour Plate Method
Escherichia coli	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F, 24th Ed. (Incluye MUESTREO) 2023 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate
Coliformes totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 24th Ed. (Incluye MUESTREO) 2023 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-15-01/ V06, 2023.07.18

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request

Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control SAC
 Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador
 (+511) 660 2323

INFORME DE ENSAYO N° 2025-0016859

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Coliformes fecales o termotolerantes (nmp)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 24th Ed. (Incluye MUESTREO) 2023 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform
Molibdeno	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Color verdadero	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 24th Ed. 2023 Color. Spectrophotometric - Single-Wavelength Method (Proposed)
Dureza total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 3111 B, 24th Ed. 2023 Hardness. EDTA Titrimetric Method
Nitratos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO ₃ ⁻ B, 24th Ed. 2023 Nitrogen (Nitrate). Ultraviolet Spectrophotometric Screening
Nitritos	US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA 354.1 1971 Nitrogen (Nitrite)
Turbidez	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24th Ed 2023 Turbidity. Nephelometric Method
Cloruros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl B, 24th Ed. 2023 Chloride. Argentometric Method
Cianuro total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 CN-C,E, 24th Ed. 2023 Cyanide. Total Cyanide after Distillation/Colorimetric Method
Aceites y grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 24th Ed. 2023 Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method.
Conductividad (25°C)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 24th Ed. 2023 Conductivity. Laboratory Method / (T:25°C)
Sulfatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-SO ₄ ²⁻ E, 24th Ed. 2023 Sulfate. Turbidimetric Method
Selenio	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Plomo	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Hierro	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Manganeso	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Aluminio	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Cobre	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Zinc	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Sodio	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.

FR-13-15-01/ V06, 2023.07.18

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control SAC
Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador
(+511) 660 2323

Página 3 de 4
JE/CYP/CYP

INFORME DE ENSAYO N° 2025-0016859

Tipo de análisis	Norma de Referencia
Antimonio	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Arsénico	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Bario	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Boro	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Cadmio	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Cromo Total	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Mercurio	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3112 B, 24th Ed. 2023 Metals by Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometric Method.
Níquel	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry
Sólidos totales disueltos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 24th Ed. 2023 Solids. Total dissolved Solids Dried at 180° C

RECuento DE BACTERIAS HETEROTROFAS: pour plate method, 35 °C/48 h, plate count agar

"SMEWW-APHA-AWWA-WEF": American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation

"EPA": Agencia de Protección Ambiental

Observaciones

-Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"La información contenida en este informe está basada en las pruebas de laboratorio realizadas por Pacific Control S.A.C Laboratorio. La muestra fue enviada por el cliente sólo para análisis, así como, los datos pertinentes para su identificación.

Pacific Control S.A.C. Laboratorio no es responsable del origen o fuente de la cual, las muestras han sido tomadas, ni de la información proporcionada por el cliente".



QUÍM. CELINO YAHUANA
PALACIOS
 Gerente de Laboratorio
PACIFIC CONTROL SAC
 CQP 1543



MBI. JOEL CARLOS ELÍAS
PAREDES
 Supervisor de Lab. Microbiología
PACIFIC CONTROL SAC
 CBP 13240

FIN DE DOCUMENTO

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE UN DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la autorización escrita de PACIFIC CONTROL S.A.C. Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado de sistemas de calidad de la entidad que lo produce.
FR-13-15-01/V06, 2023.07.16

Our general term and conditions are available in full www.pacificcontrol.us or at your request
Offices, Resident Inspectors, Joint Ventureships, and Representatives throughout os the world

TIC Council is an international association representing independent testing, inspection and certification companies.



Pacific Control SAC
Panamericana Sur Km 23.5- Santa Rosa de Llanavilla Mz Q Lote 07 y 08 - Villa el Salvador
(+511) 660 2323

Página 4 de 4
JE/CYP/CYP

Panel fotográfico

Desarrollo del experimento



Evaluación de las variables en estudio



Peso fresco del área aérea



Peso fresco radicular



Diámetro basal de tallo



Insumos usados en la preparación de soluciones



Datos de las diferentes evaluaciones

% de mortandad	
Solución nutritiva	Mortandad %
T1: Sol. ML 1x (800 ml de A B C)	1
T2: Sol. ML ½ x (400 ml de A B C)	1
T3: Sol. UNALM 1X	2
T4: Sol. UNALM 2X	1
T5; BAYFOLAN 1X	2

Altura de planta a la cosecha (cm)																				
Solución nutritiva	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Plt6	Plt7	Plt8	Plt9	Plt10	Plt11	Plt12	Plt13	Plt14	Plt15	Plt16	Plt17	Plt18	Plt19	Plt20
T1_ML1X	60	67	62	64	66	65	61	63	60	67	64	61	63	65	67	64	65	63	64	62
T2_ML½X	50	55	54	52	53	51	55	51	52	54	50	53	52	51	53	55	50	54	52	51
T3_UNALM1X	40	45	42	44	41	43	40	44	45	42	41	44	40	45	43	42	41	44	42	43
T4_UNALM2X	60	52	54	56	58	53	55	57	59	52	55	58	57	53	55	57	59	53	55	57
T5_Bayfolan1X	42	43	41	44	43	41	45	44	43	42	45	44	41	40	43	42	41	40	43	45

Número de hojas por planta a la cosecha (n°)																				
Solución nutritiva	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Plt6	Plt7	Plt8	Plt9	Plt10	Plt11	Plt12	Plt13	Plt14	Plt15	Plt16	Plt17	Plt18	Plt19	Plt20
T1_ML1X	23	22	21	24	22	23	25	21	23	22	24	22	23	22	21	25	24	22	23	21
T2_ML½X	17	19	21	20	21	22	18	19	20	22	21	17	19	21	22	23	19	20	22	20
T3_UNALM1X	14	15	16	15	14	17	16	15	14	17	16	18	15	14	13	14	17	16	15	16
T4_UNALM2X	21	23	22	20	23	21	19	20	24	23	21	20	21	22	19	21	23	24	21	20
T5_Bayfolan1X	10	12	15	13	14	11	13	14	15	16	12	11	10	16	17	11	13	14	15	14

Peso fresco de la parte aérea a la cosecha (g)																				
Solución nutritiva	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Plt6	Plt7	Plt8	Plt9	Plt10	Plt11	Plt12	Plt13	Plt14	Plt15	Plt16	Plt17	Plt18	Plt19	Plt20
T1_ML1X	10.77	16.31	11.31	13.04	12.54	14.7	15.3	11.67	13.54	12.47	14.96	15.81	14.37	13.54	11.35	12.05	13.75	11.67	11.89	10.93
T2_ML½X	6.44	5.44	7.56	8.47	9.37	5.48	6.31	7.58	8.31	9.22	5.87	6.79	7.58	8.12	9.05	6.99	7.58	8.12	9.05	6.87
T3_UNALM1X	8.31	13.21	9.35	10.37	11.54	12.9	13.6	8.97	9.23	10.58	11.38	12.45	13.07	8.34	9.57	10.69	11.21	12.37	13.08	8.99
T4_UNALM2X	3.15	3.01	4.21	5.67	6.87	3.99	3.87	4.31	5.29	6.08	3.85	3.93	4.23	5.69	6.07	3.89	4.58	5.09	6.07	5.12
T5_Bayfolan1X	1.75	2.10	3.89	4.52	5.07	1.99	2.58	3.86	4.78	5.08	1.89	2.87	3.56	4.05	5.07	2.87	3.56	4.09	3.89	4.68

Peso fresco de la raíz a la cosecha (g)																				
Solución nutritiva	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Plt6	Plt7	Plt8	Plt9	Plt10	Plt11	Plt12	Plt13	Plt14	Plt15	Plt16	Plt17	Plt18	Plt19	Plt20
T1_ML1X	2.42	2.85	2.45	2.53	2.64	2.75	2.89	2.54	2.48	2.68	2.57	2.69	2.74	2.83	2.47	2.57	2.68	2.71	2.86	2.74
T2_ML½X	1.31	1.42	1.35	1.38	1.43	1.45	1.56	1.37	1.48	1.51	1.36	1.49	1.52	1.39	1.47	1.33	1.58	1.47	1.52	1.61
T3_UNALM1X	2.38	2.65	2.36	2.41	2.56	2.67	2.41	2.56	2.69	2.74	2.37	2.42	2.57	2.68	2.37	2.46	2.54	2.68	2.71	2.49
T4_UNALM2X	1.03	1.21	1.05	1.12	1.24	1.09	1.18	1.24	1.32	1.09	1.17	1.23	1.29	1.31	1.07	1.15	1.19	1.24	1.34	1.29
T5_Bayfolan1X	0.71	0.92	0.79	0.86	0.94	0.99	1.21	1.15	1.07	0.98	0.76	0.87	0.96	1.71	1.06	1.09	0.96	0.89	0.76	1.15

Área foliar en (cm2)																				
Solución nutritiva	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Plt6	Plt7	Plt8	Plt9	Plt10	Plt11	Plt12	Plt13	Plt14	Plt15	Plt16	Plt17	Plt18	Plt19	Plt20
T1_ML1X	326.4	494.3	342.7	395.2	380.0	444.8	462.7	353.6	410.3	377.9	453.3	479.1	435.5	410.3	343.9	365.2	416.7	353.6	360.3	331.2
T2_ML½X	268.3	226.5	315.0	352.9	390.4	228.3	262.9	315.8	346.3	384.2	244.6	282.9	315.8	338.3	377.1	291.3	315.8	338.3	377.1	286.3
T3_UNALM1X	296.8	471.8	333.9	370.4	412.1	459.6	484.6	320.4	329.6	377.9	406.4	444.6	466.8	297.9	341.8	381.8	400.4	441.8	467.1	321.1
T4_UNALM2X	150.0	143.3	200.5	270.0	327.1	190.0	184.3	205.2	251.9	289.5	183.3	187.1	201.4	271.0	289.0	185.2	218.1	242.4	289.0	243.8
T5_Bayfolan1X	97.2	116.7	216.1	251.1	281.7	110.6	143.3	214.4	265.6	282.2	105.0	159.4	197.8	225.0	281.7	159.4	197.8	227.2	216.1	260.0

Diámetro de tallo en la base (mm)																				
Solución nutritiva	Plt1	Plt2	Plt3	Plt4	Plt5	Plt6	Plt7	Plt8	Plt9	Plt10	Plt11	Plt12	Plt13	Plt14	Plt15	Plt16	Plt17	Plt18	Plt19	Plt20
T1_ML1X	3.3	3.4	4.3	3.5	3.7	3.6	3.9	3.8	4.1	4.3	4.2	3.4	3.5	3.6	3.8	3.7	3.9	4.1	4.3	3.7
T2_ML½X	2.7	2.5	2.6	2.4	2.8	2.6	2.7	2.3	2.9	2.8	2.5	2.7	2.6	2.4	2.8	2.3	2.6	2.4	2.5	2.7
T3_UNALM1X	1.7	1.6	1.9	1.6	1.8	1.9	2.1	2.3	1.5	1.8	1.9	1.6	1.8	1.9	2.3	2.1	1.8	1.7	1.5	2.1
T4_UNALM2X	2.3	2.2	2.1	2.1	1.9	2.2	2.3	2.4	2.6	2.1	1.9	2.4	2.2	1.9	1.8	2.4	2.3	2.1	2.2	2.3
T5_Bayfolan1X	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	1.6	1.7	1.9	2.1	2.2	2.3	1.9	1.8	1.7	2.3	2.2	2.3	1.9	1.8

Precocidad (días)	
Solución nutritiva	Precoc. días
T1: Sol. ML 1x (800 ml de A B C)	25
T2: Sol. ML ½ x (400 ml de A B C)	25
T3: Sol. UNALM 1X	25
T4: Sol. UNALM 2X	25
T5: BAYFOLAN 1X	25

Plagas y enfermedades	
Solución nutritiva	Plagas y enfermedades
T1: Sol. ML 1x (800 ml de A B C)	Alternaria.
T2: Sol. ML ½ x (400 ml de A B C)	Alternaria.
T3: Sol. UNALM 1X	Alternaria.
T4: Sol. UNALM 2X	Alternaria.
T5: BAYFOLAN 1X	Alternaria.