

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS:

**Efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el
rendimiento de (*Nasturtium officinale* R. Br) “berro” en cultivo
hidropónico. Huamanga - Ayacucho 2021.**

Para optar el título profesional de:
**BIÓLOGA, ESPECIALIDAD: ECOLOGÍA Y RECURSOS
NATURALES**

PRESENTADO POR:

Bach. Yennifer HUAMAN SANTI

ASESOR:

Dr. Edwin PORTAL QUICANA

AYACUCHO - PERÚ

2025

A mis padres Cirilo y Rosalinda por brindarme su amor infinito todos los días de mi vida, por enseñarme a ser mejor persona cada día y hacerme saber que con su apoyo puedo superar las más duras dificultades de la vida.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Alma Mater, porque en sus aulas recibí conocimientos impartidos por todos los docentes.

A la Escuela profesional de Biología y su plana docencia por haberme brindado sus conocimientos durante mi formación profesional.

Al Dr. Edwin Portal Quicaña, por su asesoramiento, por permitirme a recurrir a su capacidad y experiencia, desde la elaboración del proyecto de tesis, durante la ejecución de la investigación y en la redacción del borrador de tesis.

Al Ing. Rubén Arteaga, propietario de HydroHuamanga por su apoyo y haberme permitido realizar mi tesis en sus instalaciones del sistema NFT.

A los miembros del jurado por su tiempo, dedicación y rigurosas evaluaciones, por las recomendaciones brindadas, las cuales permitieron fortalecer el contenido y la estructura de este trabajo de investigación.

A todos los que han confiado en mi persona a los que sin cuestionar la forma de pensar los ideales que persigo y forma de ser a ellos mis más sinceros agradecimientos.

ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.1.1. Antecedentes Internacionales	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales	9
2.1.3. Antecedentes Regionales	12
2.2. Bases teóricas	12
2.2.1. Berro (<i>Nasturtium officinale</i>)	12
2.2.2. Origen y distribución	13
2.2.3. Clasificación taxonómica	13
2.2.4. Descripción botánica	14
2.2.5. Valor nutricional del berro	15
2.2.6. Propiedades medicinales de los berros	16
2.2.7. Requerimientos nutricionales del cultivo de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro”	16
2.2.8. Variedades	17
2.3. Bases conceptuales	18
2.3.1. Hidroponía	18
2.3.2. Técnica hidropónica	18
2.3.3. Cultivos hidropónicos	19
2.3.4. Soluciones nutritivas utilizadas en hidroponía	19
2.3.5. Solución hidropónica madre “La Molina”	19
2.3.6. Nitrato de calcio	21
2.3.7. Fertilización foliar	22

2.3.8	El sistema hidropónico NFT (<i>Nutrient Film Technique</i>)	23
2.3.9.	Humedad relativa	22
2.3.10.	Rendimiento	23
2.3.11.	Peso fresco	24
2.3.12.	Materia seca	24
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1.	Ubicación del estudio	25
3.1.1.	Ubicación geográfica	25
3.1.2.	Ubicación política	26
3.1.3.	Descripción del ambiente	26
3.2.	Variables de evaluación	27
3.3.	Diseño experimental	27
3.3.1.	Tipo de investigación	27
3.3.2.	Diseño de investigación	27
3.3.3.	Análisis estadístico	30
3.4.	Población y muestra	30
3.4.1.	Población	30
3.4.2.	Muestra	30
3.5.	Metodología y recolección de datos	30
3.5.1.	Material biológico	30
3.5.2.	Almacigado de semillas	30
3.5.3	Trasplante	30
3.5.4.	Mantenimiento de labores culturales	31
3.5.5.	Aplicación de nitrato de calcio por fertilización foliar	31
3.5.6.	Cosecha	32
3.6.	Parámetros de evaluación	32
3.6.1.	Determinación de la altura de la planta <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro”	32
3.6.2.	Determinación del peso fresco y seco del follaje de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro”	32
V.	DISCUSIÓN	38
VI.	CONCLUSIONES	44
VII.	RECOMENDACIONES	45

VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
IX.	ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Aporte nutricional por cada 100 gramos de berros	17
Tabla 2.	Formulación de nutrientes para <i>Nasturtim officinale</i> R. Br. "berro"	18
Tabla 3.	Composición química de la solución concentrada "Hydrohuamanga"	21
Tabla 4.	Variables dependientes e independientes	30
Tabla 5.	Soluciones foliares de nitrato de calcio a diferentes concentraciones	34

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Morfología de la planta de berro <i>Nasturtium officinale</i>	15
Figura 2. Ubicación de la Empresa HydroHuamanga SAC., distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga, región Ayacucho.	25
Figura 3. Diseño y distribución de plantas de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. en el sistema NFT	29
Figura 4. Promedio de la altura (cm) de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro” en cultivo hidropónico fertilizada con cinco concentraciones de nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)	33
Figura 5. Promedio del peso fresco de la planta (gr) de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro” en cultivo hidropónico fertilizado con cinco concentraciones de nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)	34
Figura 6. Promedio del peso seco de la planta (gr) de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro” en cultivo hidropónico fertilizada con cinco concentraciones de nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)	35
Figura 7. Promedio de la biomasa (gr) de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro” en cultivo hidropónico fertilizada con cinco concentraciones de nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)	36
Figura 8. Promedio del rendimiento (kg/m^2) de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro” en cultivo hidropónico fertilizada con cinco concentraciones de nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)	37

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Pruebas de normalidad para las concentraciones de Ca (NO ₃) ₂ en el rendimiento de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro” en cultivo hidropónico, Huamanga - Ayacucho 2021.	53
Anexo 2. Pruebas de normalidad para la altura de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro” en cultivo hidropónico, Huamanga – Ayacucho 2021.	53
Anexo 3. Pruebas de normalidad del peso fresco de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro” en cultivo hidropónico, Huamanga – Ayacucho 2021.	53
Anexo 4. Pruebas de normalidad del peso seco de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro” en cultivo hidropónico, Huamanga - Ayacucho 2021.	54
Anexo 5. Estadística descriptiva para la temperatura del ambiente medida en °C donde se desarrolló el cultivo hidropónico de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro”, Huamanga – Ayacucho 2021.	54
Anexo 6. Estadística descriptiva de la temperatura de solución medida en °C para la conductividad eléctrica (dS/m) y pH de la solución hidropónica de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro”, Huamanga – Ayacucho 2021.	54
Anexo 7. Estadística descriptiva para la altura del cultivo hidropónico de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021.	55
Anexo 8. Estadística descriptiva para el peso fresco del cultivo hidropónico de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro”, Huamanga – Ayacucho 2021.	55
Anexo 9. Estadística descriptiva para el peso seco del cultivo hidropónico de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021.	56

Anexo 10.	Prueba de Kruskal-Wallis para altura del cultivo hidropónico de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021.	56
Anexo 11.	Prueba de Kruskal-Wallis para peso fresco del cultivo hidropónico de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021.	57
Anexo 12.	Prueba de Kruskal-Wallis para peso seco del cultivo hidropónico de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021.	57
Anexo 13.	Prueba de Kruskal-Wallis para Biomasa del cultivo hidropónico de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021	58
Anexo 14.	Prueba de Kruskal-Wallis para Rendimiento del cultivo hidropónico de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021	59
Anexo 15.	Promedio de altura de la planta por repetición del cultivo hidropónico de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021.	60
Anexo 16.	Promedio del peso fresco de la planta por repetición del cultivo hidropónico de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021.	60
Anexo 17.	Promedio del peso seco de la planta por repetición del cultivo hidropónico de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021.	61
Anexo 18.	Promedio del rendimiento de la planta por repetición del cultivo hidropónico de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021.	61
Anexo 19.	Panel fotográfico	63
Anexo 20.	Matriz de consistencia	65

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la compañía HydroHuamanga S.A.C., con el objetivo de evaluar el efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de *Nasturtium officinale* R. Br. "berro" en cultivo hidropónico en la ciudad de Huamanga-Ayacucho en el año 2021, se consideraron como parámetros de evaluación, la altura de la planta, el peso fresco y el peso seco. La investigación se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), la muestra estuvo constituida por 300 plantas de berro, que procede de 60 plantas como unidad de análisis, distribuidas en cinco tratamientos y tres repeticiones. Por otro lado, la distribución de los tratamientos se realizó en el sistema NFT (*Nutrient Film Technique*), con cinco tratamientos. Los resultados obtenidos mostraron que con la concentración de 0,04% de nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ el *Nasturtium officinale* R. Br. "berro" en cultivo hidropónico presentó un mayor rendimiento ($3,30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), asimismo la concentración de 0,08% presentó una mayor altura (83,27 cm.), de igual manera con la concentración de 0,04% se obtuvo un mayor peso fresco (263,78 gr.), y el mayor peso seco (16,63 gr.). En conclusión, la aplicación de nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ influye significativamente rendimiento del berro *Nasturtium officinale* R. Br. bajo un sistema hidropónico, desempeñando un rol fundamental en el fortalecimiento estructural de las paredes y la elasticidad del tejido vegetal para conseguir plantas sanas y su consumo sea apto para la población en general.

Palabras clave: Nitrato de calcio, rendimiento, biomasa, berro, cultivo hidropónico.

I. INTRODUCCIÓN

El berro es una planta herbácea que crece en áreas con mucha agua, pertenece al grupo de vegetales con hojas y a menudo se usa en ensaladas.

Debido a su dispersión natural, en Perú el berro (*Nasturtium officinale*) se consume en la época húmeda, hortaliza de hojas que se aprecia mucho debido a su alto contenido de vitaminas, sobre todo la A en forma de betacarotenos, y también C y E. En lo referente a minerales, tiene un alto nivel de fósforo, magnesio y calcio; estos minerales son beneficiosos para la salud de los músculos, los ligamentos y los huesos. Además, contiene una cantidad significativa de sodio y un alto contenido de potasio. No hay una costumbre establecida en el país para su cultivo y consumo, así que a menudo se encuentra de manera silvestre, particularmente en acequias. Por lo tanto, no es seguro recolectar el berro silvestre porque, aunque el agua esté limpia, eso no significa que esté libre de bacterias que provengan de algún sitio donde se pastoree ganado en las cercanías. Esta experiencia revela que es necesaria la implementación de un cultivo que brinde la salud necesaria para su producción. Bajo estas circunstancias, el uso foliar de nitrato de calcio se puede utilizar para mejorar la producción y el rendimiento de la parte aérea del berro, que es comestible.

El calcio (Ca) es un nutriente esencial en la fisiología vegetal, particularmente en la formación de paredes celulares y en el desarrollo de tejidos estructurales en hojas y frutos. Su deficiencia se asocia con desórdenes fisiológicos como la pudrición apical y la necrosis marginal, causados por la muerte celular localizada. Además, el Ca es determinante en la estabilización de las membranas celulares y la integridad de la pared celular. La insuficiencia de este elemento durante la expansión celular compromete la arquitectura tisular, incrementando la susceptibilidad a daños físicos y fisiológicos.

El propósito de este estudio es examinar el impacto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el desempeño del berro, con el objetivo de garantizar su calidad de salud y aportar a la calidad de vida de los habitantes en la ciudad de Huamanga. Basándonos en el contexto, se establecieron los siguientes objetivos que se lograrán en este estudio.

Objetivo general

Evaluar el efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro” en cultivo hidropónico. Huamanga -Ayacucho 2021.

Objetivos específicos

- Determinar la altura de la planta de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro” en cultivo hidropónico en tres concentraciones de nitrato de calcio
- Estimar el peso fresco y seco del follaje de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro” en cultivo hidropónico en tres concentraciones de nitrato de calcio.
- Comparar el rendimiento de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro” con las diferentes concentraciones de nitrato de calcio.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Sánchez (2022), realizó una investigación en la carpa de producción intensiva ubicada en los terrenos del Centro experimental de Cota-Cota, una institución perteneciente a la Facultad de Agronomía, ubicado en la provincia de Murillo, en La Paz. El propósito de esta investigación fue analizar el uso de un fertilizante foliar que contiene citoquininas en dos variedades de berro (*Nasturtium officinale*): Se llevaron a cabo las dosificaciones con Berro Hortense (*Barbarea verna*) y Berro de Agua (*Water cress*), empleando tres niveles de dosificación (Baja, Media y Alta): B4 - Alta - (0,5 ml Citoquininas por m²); B1 - Sin aplicación; B2 - Baja - (0,25 ml Citoquininas por m²) y B3 - Media - (0,37 ml Citoquininas por m²). Esto se hizo para determinar su efecto en el cultivo, establecer la dosis adecuada para cada tipo y averiguar qué dosificación presentaba un mejor desarrollo fisiológico y rendimiento. Se aplicó el “Diseño de Bloques al Azar con arreglo bifactorial” que incluyó ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Como resultado respecto a la longitud de la raíz y la altura de la planta, ambas variedades mostraron una respuesta positiva con medidas promedios que estaban dentro del rango aceptable, en relación al número de hojas, La diversidad (*Barbarea verna*) evidenció una reacción excesiva al fertilizante foliar, debido a la interacción morfológica por las dosificaciones. La última variable que se analizó fue el desarrollo fisiológico, considerando el Índice de Área Foliar (IAF). Por su parte, la variedad (*Water cress*) mostró una reacción significativa, que esta variedad presenta hojas de demasiado tamaño en comparación con la otra variedad, para determinar el rendimiento se tomó en cuenta el peso sin raíz y peso promedio de la planta para ambas variedades. Este resultado nos demuestra que La variedad (*Water cress*)

actúa de manera intensa a diferentes concentraciones, lo que la convierte en la más eficiente.

Rosero (2015), en la localidad de Otavalo, perteneciente a la provincia de Imbabura, examinó la reacción a la aplicación de cuatro medios nutritivos en la hidroponía en el cultivo de berro (*Nestum officinale* L). El objetivo de la investigación fue analizar el desempeño agrario de la planta de berro silvestre, bajo condiciones de cultivo hidropónico, utilizando diferentes cantidades de medios nutritivos para establecer las dosis más efectivas para la producción de dicho cultivo. Para ello, se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar, con cinco tratamientos y tres repeticiones. Se examinó el tamaño de la raíz, longitud de crecimiento de la planta, el peso de esta, la brotación de los tallos, el rendimiento y la evaluación financiera de producción. Se utilizó un análisis de varianza para todas las variables, con el fin de establecer la diferencia entre las medidas de los factores estudiados; para ello se aplicó la prueba de Tukey al nivel 0.05 de significancia. Los resultados indican que el medio con Golden Fos 12-38-12 y oligoelementos en dosis de 1 g.L⁻¹ mostró el mejor desempeño agronómico en comparación con las otras soluciones y el testigo; esta fue la más relevante, ya que ayudó a incrementar la cantidad de brotes, el peso, la altura y el rendimiento, lo que favoreció el crecimiento del cultivo hidropónico. En conclusión, la solución Golden Fos 12-38-12 más oligoelementos, es la más recomendable para este tipo de cultivo hidropónico, obteniendo una mejor utilidad económica que supera al 270,1%.

Siñani (2017), analizó el impacto en la producción y el rendimiento del cultivo hidropónico de berro, así como los costos y beneficios de cada tratamiento. Se utilizó un diseño de bloques aleatorios con parcelas divididas, en el cual los factores fueron la variedad de berro y la densidad de siembra. Al formular la solución nutritiva, se consideraron las sales disponibles y las necesidades nutricionales del berro. De igual manera, se proporcionaron ambientes óptimos para el desarrollo y aumento de tamaño de esta hortaliza a través del monitoreo de parámetros como la conductividad eléctrica y el pH. Se comprobó que la producción a densidades altas posibilita obtener rendimientos elevados por metro cuadrado. La altura de las plantas y la cantidad de individuos por unidad de superficie son los factores principales que se relacionan con este indicador. Cuando las plantas se encuentran muy cercanas entre sí, compiten por la luz y esto provoca una elongación. Por otra parte, cultivar a densidades bajas posibilita el desarrollo de un área foliar más extensa y una cantidad mayor de hojas,

aunque la altura de la planta sea menor. Esto reduce la efectividad, pero el peso individual aumenta. Desde la perspectiva económica, el tratamiento T3 (V1 D3) exhibió la mayor utilidad, gracias a su coste variable bajo y al elevado rendimiento que tiene *N. officinale*, lo que evidencia que es el más beneficioso económicamente. Medellín-Muñoz (2020), el estudio realizado en el año 2018, describe aspectos técnicos, sociales y comerciales del cultivo de berro en Cuautla, Morelos. Se entrevistó a los productores y se realizaron recorridos por sus instalaciones de producción. Lo anterior hizo posible la adquisición de información sobre asuntos vinculados a la producción, venta y las ventajas económicas. Las localidades que producen berro son Santa Inés, Cuautlixco y Cuautla. Además, se identificaron dos asociaciones y varios productores independientes que han distribuido esta hortaliza a lo largo de toda la región productora y también su gestión agronómica y lugares de venta. Aunque la producción de berro en la zona no se refleja en las estadísticas del estado, esta actividad agrícola proporciona empleos y rentabilidad económica. La revisión bibliográfica hizo posible un mejor entendimiento del sistema de producción de berro, lo cual hará factible sugerir diferentes maneras para optimizar su manejo. Medellín (2021), "realizó un estudio en Morelos, México, con el propósito de obtener información sobre la calidad nutricional y el método de cultivo del berro que se cultiva en Cuautla, Morelos, así como de realizar investigaciones nutricionales de esta planta en un sistema hidropónico. Para obtener datos acerca del manejo agronómico, los productores de berro del municipio de Cuautla fueron entrevistados durante la investigación en el campo. En cuatro lugares de producción se llevaron a cabo muestreos tanto de agua como de plantas de berro para determinar su composición mineral y comenzar con la producción hidropónica. Se diseñaron dos experimentos para el análisis en un sistema hidropónico: el primero analizó cómo reaccionaban las diferentes concentraciones de hierro versus el pH del medio, mientras que el segundo estudió cómo respondía el berro a la proporción de N-NO_3^- y Ca^{2+} en el medio nutritivo. La investigación de campo posibilitó la obtención de datos relacionados con la producción, las ventas y los beneficios económicos; en lo que respecta a la composición elemental del agua, se identificaron elementos como O, C, K, Cl, Ca, S, Mg, Cu, Na, Pb, Si, Cd y Zn a diferentes niveles de concentración. Se hallaron, en tallos y hojas del tejido de las plantas, los elementos Cl, P, Ca, Na, Cu, S, K, O, C, N, Br y Mg. Los ensayos en hidroponía indicaron que el hierro tiene un impacto positivo

cuando la concentración es alta (7 mg L^{-1}) y que la relación de N-NO_3^- y Ca^{2+} se comportó así: el N-NO_3^- se utilizó con mayor eficacia al emplear concentraciones más elevadas de Ca^{2+} (9 y 11 meq. L^{-1}). Además, los niveles de pH más efectivos fueron entre 5.5 y 6.5. En conclusión, es posible la producción industrial de berro bajo un sistema hidropónico, teniendo en cuenta los requisitos básicos de protección y control de parámetros

Cóndor (2023), investigó sobre el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*) utilizando un sistema de producción hidropónico NFT, para determinar la concentración adecuada de medio nutritivo. El propósito del estudio fue determinar el impacto de varios medios nutritivos en la productividad de la lechuga (*Lactuca sativa L.*), empleando para ello tres soluciones, cada una con dos concentraciones diferentes, lo que hace un total de seis tratamientos. SN1: [T1: C1; mezcla A con 5 ml de agua por litro; mezcla B con 2 ml de agua por litro y T2: C2; medio A con 6 ml por litro de agua; medio B con 3 ml por litro de agua]. SN2: [T3: C1; medio A con 5 mililitros por litro de agua; medio B con 2 mililitros por litro de agua y T4: C2; medio A: 6 ml de agua por litro; medio B: 3 ml de agua por litro]. SN3: [T5: C1; medio A: 5 ml de agua en cada litro; medio B: 2 ml de agua en cada litro y T6: C2; disolución A: 6 ml de agua por cada litro; disolución B: 3 ml de agua por cada litro]. Para realizar el cultivo de lechuga cressa se utilizó un sistema hidropónico NFT, cuyo diseño experimental fue totalmente aleatorio, con una proporción de 3x2 y dos repeticiones; mientras que el tratamiento estadístico se realizó a través del ANOVA. Los resultados indican que el tratamiento (T1) tuvo mejor rendimiento, con cifras más altas en cuanto a la altura de la planta (19,10 cm), masa fresca de peso (159,15 g), la longitud de las hojas (13.65 cm), el número de hojas (19,5) y el diámetro de la planta (18,50 cm); además del rendimiento comercial fue de (4,774 Kg/m^2). En conclusión, la producción de lechugas aumento gracias al aprovechamiento adecuado del sistema NFT.

Aguirre (2023), en la Universidad Católica de Santiago en Guayaquil a desarrollado una investigación, donde estableció la concentración de nutrientes más apropiada en la solución nutritiva con el objetivo de optimizar el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa cv. seda*) en un sistema de cultivo flotante. Este experimento aplicó un diseño experimental aleatorio simple, con tres tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, cada uno de los cuales implicó la intervención de 16 plantas. Los tratamientos usados en el ciclo de cultivo son las Soluciones Nutritivas (SN) de

Hoagland y Arnon en 1938, empleadas al 100 %, 75 % y 50 %. Se analizaron los valores de CE, pH, oxígeno disuelto en agua, potasio, nitratos y calcio en la disolución del suelo; además se evaluaron el peso seco de la hoja y raíz, así como el peso fresco. Los datos fueron analizados a través de pruebas de diferencia mínima significativa (LSD) y análisis de varianza (ANOVA) ($P < 0.05$), utilizando Statgraphic Plus en la versión 5.1. Se determinó que la CE, el pH y el oxígeno disuelto permanecieron dentro de los niveles ideales durante el desarrollo del cultivo. Se obtuvo un mayor peso fresco de raíz y una mayor cantidad de hojas en el tratamiento control. Cabe mencionar que las concentraciones de nitratos encontrados en las hojas, están por encima del límite máximo permitido; según la Comisión europea, que solo permite como máximo 4500mg de nitratos por kilogramo de peso fresco.

Soto-Bravo *et al.* (2019), realizaron la investigación en la Universidad de Costa Rica, específicamente en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Alajuela, Costa Rica. La llevaron a cabo entre abril y septiembre de 2016. Esta investigación se realizó utilizando como muestra al chile dulce, más conocido en estas regiones con el nombre común de "Dulcítico"; para su producción optaron por emplear un sistema hidropónico. Se analizó el impacto de tres volúmenes de sustrato (7, 14 y 21 L por planta) y dos densidades de siembra (2,4 y 1,4 plantas por metro cuadrado) en la productividad, el drenaje, la eficiencia en el uso del agua (EUA) y la evapotranspiración del cultivo (ETc); además, la cantidad total de agua disponible en el sustrato (ATD). Se empleó un diseño con 3 bloques completos al azar, con una organización bifactorial 2 x 3. La ETc se calculó a través de un balance hídrico en el sustrato; la EUA como la relación entre el rendimiento y la ETc. Para todas las variables de respuesta, no se vieron distinciones entre las dos densidades de siembra a medida que el volumen del sustrato aumentó desde 7 hasta 21 L, se trabajó con un nivel de significancia del 0,05. Las dos variables influyeron de manera independiente en todas las variables, salvo el rendimiento y el ATD. Estos últimos fueron impactados únicamente por la densidad de plantas y el volumen del sustrato, respectivamente. El factor densidad fue el que en todas las situaciones tuvo el efecto más grande. El rendimiento no se vio afectado por el volumen de sustrato; no obstante, este ayudó a optimizar la EUA disminuyendo los volúmenes de drenaje, ETc y riego. La productividad ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) aumentó con una mayor densidad de siembra, pero la EUA disminuyó a causa del incremento en el uso de agua (ETc), así como de los

volúmenes más altos de drenaje, riego y ATD. La mayor EUA se logró con 1,4 plantas por metro cuadrado y 7 litros de sustrato por planta, debido a que la ETc se redujo en un 13% comparado con el cultivo que tenía 21 L de sustrato por planta y 2,4 plantas por metro cuadrado.

García *et al.* (2021), analizaron el comportamiento agronómico del cultivo de rábano (*Raphanus sativus*) en un sistema hidropónico que tiene a las raíces de la planta flotando; utiliza este método porque permite cultivar plantas sin la necesidad de usar el suelo. Utilizando un diseño completamente repetitivo, que incluía 56 contenedores por cada tratamiento. Esta técnica permite la producción de plantas, principalmente herbáceas, utilizando zonas o espacios no convencionales, sin dejar de lado las necesidades vegetales como la luz, el agua, la temperatura y nutrientes específicos. La solución nutritiva proporciona los componentes minerales esenciales en el sistema hidropónico. La productividad de las cosechas hidropónicas es capaz de ser el doble o más que la de las cosechas en suelo. El rendimiento de los cultivos se verá significativamente afectado por factores como la cantidad de agua y nutrientes disponibles, los niveles de radiación y la temperatura ambiental, así como la densidad con que se siembra o distribuyen las plantas en el sistema hidropónico, la presencia de plagas o patógenos, etc. El modernismo posibilitó que se incorporaran los adelantos informáticos para controlar y llevar a cabo acciones, lo cual ha concretado la automatización del cultivo hidropónico. Las nuevas tendencias actuales han llevado a las personas a querer conseguir todo más rápido, y un ejemplo de esto son los alimentos, que se procesan para ser cultivados y cosechados lo antes posible y con la mejor calidad. El empleo de invernaderos automatizados e hidroponía es una alternativa para la agricultura, ya que posibilita conservar las condiciones apropiadas para el desarrollo y crecimiento de las plantas cultivadas dentro de ellos. Entre sus beneficios se encuentran la disminución considerable de mano de obra y la facilidad del cultivo fuera de temporada. Se determinó que, entre los dos tratamientos analizados, el más eficaz fue el de medios concentrados de nitrato de potasio, calcio y amonio, conocido como concentración de solución (a), a través del sistema de raíz flotante.

Morales-meléndez *et al.* (2024), mediante un experimento aleatorio en bloques, evaluaron el impacto de los bioestimulantes en las plantas de tomate cultivadas al aire libre. Durante el ciclo de cultivo, se aplicaron extractos de algas (*Ascophyllum*

nodosum) y 1g L^{-1} de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ en una concentración de 500mg L^{-1} y a 2500 mg L^{-1} (tres aplicaciones en 15 días). Se recopilaron variables relacionadas con la calidad del fruto y las variables vegetativas. La aplicación de An produjo un aumento notable en las variables diámetro del tallo y altura. En cambio, la calidad de los tomates se vio significativamente mejorada cuando se aplicó $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ junto con An. La utilización de extractos de algas del *Ascophyllum nodosum* junto con un mineral como el nitrato de calcio aplicado de manera foliar promueve la activación metabólica vegetal y contribuye a la regulación, atenuando cualquier clase de estrés que pueda surgir. Esto muestra los efectos positivos derivados de una biostimulación provocada por el calcio, que mejora la solidez y la calidad en los tejidos vegetales. El *Ascophyllum nodosum* tiene la capacidad de precursor el metabolismo secundario, activar el mecanismo de defensa para ayudar a mitigar el estrés y mejorar las características sensoriales del vegetal.

Martínez *et al.* (2013), desarrollaron una investigación en invernadero en Nazareno, Xoxocotlán (Oaxaca). Donde compararon el desempeño agronómico de tres cultivares de tomate, utilizando dos sustratos diferentes uno de arena y el otro en el suelo, irrigados con un medio universal de Steiner con variaciones del nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en seis niveles (2.47 , 2.12 , 1.06 , 1.41 , 1.77 y 0.35g por L^{-1}). Las interacciones de los niveles previos dieron lugar a 36 tratamientos, que se definieron en un esquema totalmente aleatorio con diez repeticiones. El híbrido Aníbal, cultivado en suelo, tuvo un rendimiento de $3726\text{ g por planta}^{-1}$ con el medio nutritivo que contenía 1.06 g L^{-1} , así como un peso de frutos de 96.4 g , un volumen de 97.2 mL y un diámetro polar de 6.4 cm ; todos estos valores son independientes del sustrato o el híbrido considerado. Se observó que unos altos niveles de nutrientes en los medios nutritivos, no son adecuados para la planta, porque reduce el rendimiento de la planta al igual que la calidad de los frutos.

2.1.1. Antecedentes nacionales

Salazar (2019), llevó a cabo una evaluación del impacto en el desempeño y la calidad del cultivo hidropónico de *Lactuca sativa* L. cuando se sometió a un tratamiento con medio de algas marinas. Se implementó el modelo ortogonal de Taguchi, resultando en cuatro formulaciones elaboradas a partir de extracto de alga marina y agua. Estas formulaciones fueron aplicadas a cinco camas de *Lactuca sativa*, con una por cada cama. La calidad del cultivo (mg/g de clorofilas) y el rendimiento (peso por planta),

fueron algunos de los parámetros evaluativos que se tuvieron en cuenta durante el periodo de cosecha. La solución nutritiva se aplicó y modificó cada siete días. Los resultados muestran que la formulación hidropónica F2 (extracto de algas marinas al 10%) tuvo un efecto más significativo en la calidad y rendimiento de *Lactuca sativa* L. que las concentraciones del 25; 12,5 y 30% de extracto de algas marinas, con lo cual se obtuvo un peso por planta de 64,38 g y una concentración total de clorofila de 1,948 ug/g. En conclusión, debido a un nivel elevado de la conductividad eléctrica de la formulación F2, esta no logró superar a F0 que es el control; por lo tanto, el extracto de algas marinas es adecuado como medio nutritivo en el cultivo de lechugas, facilitando su crecimiento y desarrollo adecuado.

Chávez (2021), llevó a cabo su estudio en la finca llamada "Chacra nueva", que se encuentra en la comunidad de Agua Salada, Chiguata, Arequipa. Para hacer una comparación entre el uso de microorganismos eficientes y la aplicación de hidroponía convencional en lechuga, bajo las circunstancias climáticas y del suelo propios de esta comunidad. Además, se evaluarán los rasgos de crecimiento, los elementos de rendimiento y la prevalencia e intensidad de enfermedades y plagas. La lechuga (*Lactuca sativa* var. Walhsmann) fue utilizada como un instrumento de comparación entre los dos sistemas hidropónicos, a través del establecimiento de un diseño totalmente aleatorio (DCA) que constaba de cinco intervenciones y tres repeticiones. Para procesar los hallazgos estadísticamente, se utilizó el método ANOVA, que compara los promedios utilizando la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%. Esta metodología permitió la valoración de la gravedad e incidencia de enfermedades y plagas. Por último, se llevaron a cabo mediciones de seis parámetros: el diámetro de la planta, su altura, el peso en estado fresco, el número de hojas, la longitud de la raíz y el porcentaje de materia seca. Se realizó la evaluación de la severidad e incidencia de enfermedades y plagas en el sistema NFT en medio de raíz flotante, ya que no se detectó en el almácigo. Se registró una incidencia del 16,54% en la cantidad de plantas afectadas por plagas y enfermedades, con una severidad del 97% en la totalidad de la planta afectada. Respecto a los seis parámetros evaluados, se llevaron a cabo ocho evaluaciones. El tratamiento más destacado fue el T4 (fertilizante + EM⁻⁵+ EM⁻¹) y en segundo lugar, el T2 (fertilizantes + EM⁻⁵), seguido por los demás tratamientos T5, T4 y T3. Estos últimos tratamientos combinaron pesticidas con microorganismos y demostraron ser más eficaces que el

testigo T1 (testigo), que demostró un crecimiento lento en comparación con el testigo, que mostró un crecimiento extremadamente lento. Se implementó un sistema NFT (Técnica de película nutritiva) en el que se utilizó un diseño experimental totalmente aleatorizado, con el objetivo de analizar 2 tipos de lechugas: seda y cressa, con 8 repeticiones en una unidad experimental.

Evaristo (2019), en el poblado de San Marcos, que se encuentra en la comunidad de Umari, Pachitea, Huánuco; realizó una valoración en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a través del método hidropónico (Técnica de Película Nutriente), y la sustentabilidad socioeconómica ambiental. Como alternativa laboral para las mujeres embarazadas que no tienen trabajo y los adultos mayores. Se usó el análisis de varianza (ANVA), para comparar los resultados y la variedad que se desarrolló mejor fue la V1 (cressa), con un promedio mayor en términos de tamaño (24 cm), diámetro de la cabeza de lechuga (30,36 cm) y peso (500 g). La cantidad de hojas fue 38, en comparación con los promedios obtenidos por la V2 (seda): cantidad de hojas 24; tamaño 20 cm; diámetro de la cabeza de lechuga 30,23 cm y peso 350 g. En conclusión, el cultivo bajo este sistema es viable con un Valor Actual Neto (VAN) de \$9.720,36 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 23%, generando ingresos que superan a los egresos, que ascienden a \$1,42 en relación con los ingresos brutos, resultando en una ganancia de \$0,42. Además, La metodología implementada promueve la eficiencia y la innovación, previene la contaminación de los recursos naturales (aire, suelo y agua), transformándose en una agricultura sostenible en el futuro.

Paredes (2015), realizó un estudio titulado "Efecto de dos concentraciones de nitrógeno en la productividad de *Lactuca sativa* L. var. Crispa cv." "en el sistema hidropónico de Great Lakes, ubicado en Santiago de Chuco, La Libertad". El objetivo de esta investigación es analizar cómo el rendimiento de *Lactuca sativa* L. var. Crispa cv. se ve afectado por dos niveles de nitrógeno. En el sistema hidropónico, se aplicó un diseño de bloques completo al azar (DBCA), empleando tres tratamientos y tres repeticiones cada uno. Se evaluaron las siguientes variables: la altura de la planta, el tamaño de la raíz, la cantidad de hojas y el peso fresco; por último, se determinó el rendimiento por metro cuadrado. En cuanto a la altura de la planta, el número de hojas y la longitud de la raíz de la lechuga, no se observó una diferencia significativa (NS), lo cual determinó que los tratamientos y las repeticiones eran homogéneos. Los

promedios generales fueron: longitud de raíz (34.89 cm), altura de planta (22.64 cm) y número de hojas (33.64 hojas). Se encontraron al menos en dos tratamientos diferencias significativas, con respecto al peso de la planta. Mientras que el tratamiento a T1 con (9.15 Kg*m⁻²); T2 con (9.11 Kg*m⁻²) y TO (testigo): (9.33 Kg*m⁻²). Se concluyó que, si se desea cultivar lechugas bajo un sistema hidropónico, es preferible aplicar el tratamiento testigo (TO), por que demostró tener un rendimiento mayor en la producción de lechugas.

2.1.1. Antecedentes regionales

Prado (2018), realizó un estudio experimental en el Centro de Producción de Lechugas Hidropónicas, Ayacucho; con el objetivo de evaluar la repercusión de tres niveles de nitrato de calcio en la productividad de *Lactuca sativa* L. "lechuga" en un sistema hidropónico. En la investigación se implementó un módulo NFT compuesto por 14 tubos PVC (considerados como loques experimentales), Con un área de cultivo de 42m² y una densidad de 630 plántulas de *Lactuca sativa* L. se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con cinco tratamientos y catorce repeticiones, evaluando 70 unidades experimentales por tratamiento. Los parámetros evaluados fueron: peso fresco, altura de la planta, número de hojas, dimensiones foliares (largo y ancho) y el desarrollo radicular. El rendimiento se evaluó mediante muestreo de 15 plantas/m², expresando los resultados en kg/m², utilizando los siguientes tratamientos: tratamiento testigo, tratamiento control, tratamiento 1, tratamiento 2, tratamiento 3, y (0,00%; 0,05%, 0,04%; 0,06% y 0,08% de nitrato de calcio) respectivamente, para medir la rentabilidad de la lechuga. Se aprecian resultados estadísticos en los que el tratamiento 3, con una concentración de nitrato de calcio del 0,08%, mostró medianas más elevadas (2,78 kg*m⁻²), lo cual fue significativamente distinto al resto de los tratamientos. En contraste, el tratamiento control tuvo la producción más baja de lechugas (2,56 kg*m⁻²). En conclusión, el calcio es esencial para el crecimiento de las plantaciones, ya que ayuda a fortalecer la estructura de las paredes y la elasticidad del tejido vegetal, lo cual es fundamental para obtener plantas sanas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Berro (*Nasturtium officinale*)

Voutsina, N., et al. (2016), el berro, *Nasturtium officinale* R. Br. pertenece a la familia (*Brassicaceae*), es una planta herbácea perenne y dicotiledónea que suele crecer en zonas cercanas a cuerpos de agua. Esta especie está emparentada con diversos vegetales y condimentos de consumo habitual, tales como la col, el brócoli, el rábano, la mostaza, la col y la col rizada. Además de tener vínculos con la planta modelo (*Arabidopsis thaliana* L.) también llamado berro de agua o berro amargo, usualmente se desarrolla en las orillas de los riachuelos. Es una planta clasificada como semiacuática, dado sus tallos y hojas se ubican en los flujos de agua superficiales” Saavedra *et al.*, (2020), como se mencionó en (Sanchez, 2022, p. 7). planta autóctona se desarrolla de forma frecuente en riachuelos y cuerpos de agua de curso lento, es muy común en áreas acuáticas que albergan grandes volúmenes de desechos orgánicos, generando una capa gruesa que cubre la superficie del agua Botanical-online (2025),. Se ingiere principalmente en ensalada y tiene un gran impacto en la población donde crece, ya que posee propiedades nutritivas y medicinales. En primer lugar, el berro ayuda a combatir diversas afecciones como el cáncer o la anemia (López et al., 2022).

2.2.2 Origen y distribución

El berro (*Nasturtium officinale*) es una especie de distribución cosmopolita, originaria de Europa, que se ha establecido en distintas regiones del mundo. Su propagación tanto por medios sexuales como vegetativos, junto con su habilidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales y niveles de luminosidad, han favorecido su amplia dispersión geográfica (Medellin, 2021).

Su cultivo en Francia tiene sus raíces en el Siglo XVII, aunque cientos años antes, Ambroise Paré, reconocido como precursor de la cirugía moderna, lo prescribía para mitigar la sarna en infantes. Sería ya desde el Siglo XIX, cuando se propagaría a lo largo de todo el país, particularmente en las proximidades de París y Normandía (Sanchez, 2022).

El berro proviene de Europa y Asia Central, ha sido empleado desde épocas remotas por la medicina tradicional para mitigar problemas respiratorios y trastornos de la piel. Se considera una de las plantas más antiguas que el ser humano ha ingerido, gracias a su alto contenido de minerales y vitaminas (Siñani, 2017).

2.2.3. Clasificación taxonómica

De La determinación botánica según el sistema de Cronquist A. (1988)

Reino	:Plantae
Subreino	:Tracheobionta
Superdivisión	:Spermatophyta
División	:Magnoliophyta
Clase	:Magnoliopsida
Subclase	:Dileniidae
Orden	:Capparales
Familia	:Brassicaceae
Género	:Nasturtium
Especie	: <i>Nasturtium officinale</i> R. Br

2.2.4. Descripción botánica

(Siñani, 2017), caracterizan al berro como una “planta perenne, acuática o semiacuática, originaria de Europa y África Occidental, que crece en aguas claras. Actualmente se cultiva globalmente por su valor culinario. Alcanza 10–50 cm, con tallos carnosos, hojas verdes pálido y flores blancas” (p. 4).

a. Hoja

Las hojas maduras presentan entre 3 y 11 folíolos lisos o levemente ondulados, de forma ovalada o lanceolada, dispuestos a lo largo de un tallo central. Las hojas completas miden de 4 a 12 cm, mientras que las jóvenes son simples. (Ayvar, 2018, p. 6).

b. Tallo

La planta del berro cuenta con un tallo carnoso que mide entre 10 y 60 cm de largo, el cual tiene una disposición vertical en los extremos, presenta raíces en sus nudos inferiores y es fácil de romper. (Ayvar, 2018, p. 6).

c. Flores

Las flores de esta planta, ya sean blancas o amarillas, tienen un pistilo único, cuatro pétalos, cuatro sépalos y seis estambres; se agrupan en inflorescencias terminales y axilares, florece en la época primaveral y veraniega” (Sanchez, 2022, p. 9). “Las flores tienen una tonalidad blanca y hasta un tono rosado, con un diámetro de 4 a 6 milímetros. Su cáliz consta de cuatro sépalos, la corola de cuatro pétalos, el androceo de seis estambres y el gineceo de un solo pistilo. (Ayvar, 2018, 6).

d. Fruto

Sanchez (2022), señala que los frutos del berro son silicuas patentes, cortas, con forma cilíndrica, un poco arqueadas y más extensas que los pedicelos". Salas (2007, citado en Sánchez, 2022, p. 10), destaca que "el fruto es delgado y seco, tiene abundantes semillas amarillas o rojizas que germinan rápidamente y se pueden usar como condimento una vez secas". Según Ayvar (2018, p. 6), "presenta vainas estrechas de forma cilíndrica y ligeramente dobladas, que tienen entre 1.3 y 1.8 centímetros de longitud; al final de los pedúnculos, su tamaño es de 0.8 a 1 centímetro.

e. Semilla

En cada lóculo, las semillas se encuentran organizadas en dos hileras. "Son globulares, de color marrón, sin albúmina y tienen decoraciones hexagonales en su superficie que asemejan panales de abejas con una ligera depresión. (Sanchez, 2022, p. 10).

Figura 1. Morfología de la planta de berro *Nasturtium officinale*



- A: Hojas compuestas con folíolos redondea
- B: Comparación de tallos en distintos estados
- C: Corte transversal de tallo
- D: Flor con pétalos blancos
- E: frutos
- F: Semillas

2.2.5. Valor nutritivo del berro

Sanchez (2022) dice que el berro es una hortaliza con mucho valor nutricional, gracias a su abundancia de vitaminas y sales minerales, como las de yodo e hierro, que le dan su sabor característico". Debido a su elevado contenido en minerales y sales como sodio, azufre, calcio, potasio y hierro, el berro se convierte en un recurso valioso para tratamientos vinculados al sistema inmunológico. También es una fuente importante de fibra y de vitaminas como la C, E y betacarotenos, esenciales en la prevención de diversas enfermedades (p. 10).

De acuerdo con Zaragoza (2024), se determina la contribución nutricional por cada 100 gramos de berros.

Tabla 1. Aporte nutricional por cada 100 gramos de berros

Elemento	Cantidad
Caloría	11 kcal
Hidratos de carbono	2 g
Proteína	2.3 g
Calcio	180 mg
Hierro	3.2 mg
Potasio	330 mg
Sodio	41 mg
Yodo	15 mg
Fósforo	64 mg
Manganeso	0.244 mg
Magnesio	21 mg
Ácido fólico	200 mg
Vitamina A	2370 IU
Vitamina C	43mg
Vitamina K	250 mcg

Fuente: Zaragoza (2024)

2.2.6. Propiedades de medicinales de los berros

"Esta planta, que es fascinante, contiene glucósidos (gluconasturtósido), principios amargos y enzimas, además de minerales y vitaminas que no solo la hacen un alimento sano, sino que también se considera medicinal" (Zaragoza, 2024, p. 1).

- Su contribución de hierro y ácido fólico contribuye a evitar la anemia y beneficia a las mujeres embarazadas.

- Resulta oxigenante, lo cual promueve la circulación de la sangre.
- Previene el envejecimiento prematuro y puede emplearse como tratamiento para el cuidado cutáneo en condiciones particulares como el acné y hasta la dermatitis seborreica, debido a sus elementos antioxidantes.
- Posee características antibióticas, que resultan beneficiosas para luchar contra la gingivitis.
- Refuerza el sistema inmunológico debido a la existencia de vitamina C.
- Proteja la salud de los huesos gracias a su suministro de calcio.
- posee características hepatoprotectoras,
- Proporciona efectos depurativos y diuréticos.

2.2.7. Requerimientos nutricionales del cultivo de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”

Según Rodríguez (Siñani, 2017), “la formulación nutricional se fundamentó en la fórmula de la lechuga”. Se puede apreciar la formulación en la tabla.

Tabla 2. Formulación de nutrientes para *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”

Elemento	Cantidad (ppm)
Potasio	220,00
Calcio	175,00
Nitrógeno	160,00
Magnesio	50,00
Fósforo	45,00
Hierro	5,00
Manganeso	0,80
Bromo	0,30
Zinc	0,10
Cobre	0,07
MolibdFeno	0,03

Fuente: Rodríguez, 1996 (como se mencionó en Siñani, 2017).

2.2.8 Variedades

Salas (2007, tal como se señaló en Sanchez, 2022), señalan que hay cuatro tipos o variedades de berro que se presentan a continuación:

a. Berro de agua o de fuente: es la variedad más común y crece principalmente en manantiales, arroyos y áreas con alta humedad. Originario de Oriente, fue

posteriormente introducido en Europa y América. En Estados Unidos se le considera una maleza no comestible, conocida como capuchina. Se caracteriza por su rápido desarrollo, permitiendo su cosecha a los pocos días de germinar, incluso antes de completar su crecimiento, siempre que existan condiciones óptimas de humedad. (Salas, 2007).

b. Berro de mastuerzo u hortense: surge en el agua, son los más nutritivos con hojas grandes de tonalidad oscura, es una de las clases más destacadas por su abundante contenido de minerales, tales como hierro, sodio y fósforo, perfectos para individuos con anemia. (Salas, 2007).

c. Berro cocleacia: Se caracteriza por la disposición de sus hojas en forma de cuchara. Esta especie se desarrolla de manera autóctona en las regiones septentrional y occidental de Europa. En Alemania, se le conoce como escorbuto debido a su alto contenido de vitamina C, un compuesto que se empleaba antiguamente para mitigar esta patología. (Salas, 2007).

d. Berro de invierno: Se manifiesta en una escala considerablemente limitada en Francia y Estados Unidos. El término "berro de invierno" se refiere a su mayor desarrollo durante esta estación, atribuible a las precipitaciones torrenciales y persistentes, así como a una mayor fluidez hídrica. Posee una característica distintiva en sus hojas y tallo, ya que comúnmente presenta una capa cerosa para prevenir la absorción excesiva de agua y garantizar su impermeabilidad. El berro invernal presenta esta capa cerosa ligeramente más pronunciada que las demás, lo que la hace parecer más extensa y presenta hojas de mayor tamaño y notable presencia. Las dos variedades iniciales son las más recomendadas para esta región, debido a su falta de rigurosidad en términos climáticos, considerando que son las únicas presentes en nuestro país para su análisis correspondiente. En consecuencia, sus atributos se potenciarán a continuación. (Salas, 2007).

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Hidroponía

La hidroponía proviene del griego "hidro" (agua) y "ponos" (trabajo), lo que significa "trabajo en el agua". En la práctica, consiste en cultivar plantas en sustratos no terrestres, alimentándolas con una solución nutritiva suministrada a través del riego. (De La Cruz, 2022, p. 6).

Durante los estos últimos años, se ha enfocado en el desarrollo de nuevos sistemas destinados a abordar estos problemas. Una de las metodologías más prominentes es la hidroponía, que ofrece una alternativa para la producción alimentaria, no solo en regiones con desafíos de contaminación de suelos y escasez de agua, sino también en el contexto doméstico (Zárate, 2014).

2.3.2. Técnica hidropónica

La característica más sobresaliente de la técnica hidropónica es que en ninguna etapa de crecimiento se requiere del suelo para sustentar o suministrar nutrimentos al cultivo; la planta adquiere los nutrimentos directamente del agua, en la cual se encuentran disueltos. El principal beneficio del sistema reside en su habilidad para adaptarse a cualquier ubicación geográfica, condiciones climáticas y contextos económicos. (Zárate, 2014).

Ventajas y desventajas en la implementación de un sistema hidropónico

De acuerdo con De La Cruz (2022), los beneficios que brinda la aplicación de un sistema hidropónico en comparación con la siembra convencional son los siguientes:

- Se disminuye la cantidad de agua requerida para el cultivo, realizando un uso eficaz de la misma.
- Es posible cultivar en diferentes climas y en todas las estaciones del año.
- Se consigue un crecimiento acelerado de las plantas al brindarles las condiciones adecuadas.
- Es posible minimizar los impactos negativos del estado del tiempo al ubicar el cultivo en lugares cerrados y resguardados.
- Se consigue una alta producción por unidad de superficie, conocida como "sistema de producción intensiva".

De acuerdo con De La Cruz (2022), los inconvenientes que implican este tipo de sistema hidropónico de producción son los siguientes:

Las plantas son más propensas a sufrir estrés debido a alteraciones en el medio, dado que cuando se encuentran en las condiciones ideales no soportan cambios drásticos de temperatura, humedad, escasez de nutrientes, y principalmente la reacción química con el sustrato. Las plantas requieren un cuidado continuo para garantizar rendimientos elevados.

- Una producción eficiente está vinculada directamente con la atención a los detalles.
- La inversión inicial generalmente es elevada.

Elementos fundamentales que forman un sistema hidropónico

Se le llama sistema hidropónico porque al establecerlo se ponen en armonía todos los elementos o componentes que lo integran. (De La Cruz, 2022, p. 12).

- Planta
- Depósito
- Medio nutritivo
- Sustrato

2.3.3. Cultivos hidropónicos

Los cultivos hidropónicos son una técnica de cultivo vegetal que elimina totalmente el suelo como soporte para las raíces. En vez de depender de la tierra, se proporcionan los nutrientes vitales directamente a las raíces a través de una solución acuosa que incluye todos los minerales requeridos para su desarrollo. Esta metodología no solo proporciona un control exacto de las condiciones de crecimiento, sino que también sobresale como una práctica más sustentable en relación con la agricultura convencional, al suprimir la demanda de terreno agrícola. (REPSOL, 2023).

2.3.4. Soluciones nutritivas utilizadas en hidroponía

Siñani (2017), señala que no hay una respuesta teórica perfecta para un cultivo específico, dado que la cantidad ideal la disponibilidad de nutrientes para una especie vegetal está influenciada por factores como la parte de la planta que se cosecha, la temporada, las condiciones climáticas, la calidad del agua y el estadio de desarrollo de la planta.

2.3.5. Solución madre en hidroponía

Es una solución nutritiva altamente concentrada, que es preparada a partir de fertilizantes solubles, contiene macro y micronutrientes esenciales requeridos por las plantas, esta solución no es directamente aplicado al cultivo si no que debe ser diluido en agua en porporciones especificas para obtener la solución nutritiva final que va circular en el sistema hidrponico (Resh, 2013; Sonneveld y voogt, 2009).

El uso de soluciones madre permite un manejo eficiente y preciso de la nutrición vegetal, también facilita la preparación de grandes volúmenes de solución nutritiva y reduce errores de dosificación de fertilizantes (Marschner, 2012).

Formulación de solución hidropónica “Hydrohuamanga”

La preparación correcta de la solución nutritiva es uno de los factores que determinan el éxito de los sistemas hidropónicos, ya de ella depende la disponibilidad, el equilibrio y la absorción de los nutrientes esenciales necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Por ello es imprescindible tener en cuenta los aportes minerales del agua utilizada, ya que no cumple únicamente la función de solvente, si no que contribuye con algunos elementos químicos que pueden influir directamente en la composición final de la solución nutritiva (Resh, 2013). Por ello tomando los conceptos mencionados Hydrohuamanga realiza la siguiente formulación para la producción de hortalizas de hoja.

Tabla 3. Composición química de la solución concentrada “Hydrohuamanga”

Fertilizante	Ley%	g/1,000 litros
Nitrato de Potasio	13.5%, 46% K ₂ O	400
Nitrato de Calcio	15.5%, 26% CaO	830
Fosfato Monopotásico	52% P ₂ O ₅ , 34% K ₂ O	230
Sulfato de Magnesio	16% MgO, 13% S	520
Quelato Hierro	6% Fe	12
Fertilom Combi	9% Mg, 3% S, 4% Fe, Mn	12
Sulfato Manganeseo	25% Mn	0
Ácido Bórico	18% B	3

Fuente: Hydrohuamanga (2021)

Preparación de soluciones nutritivas

Según Zárate (2014), la solución nutritiva es una mezcla de agua y fertilizantes. Es crucial conocer las características del agua utilizada para el riego, por lo que se recomienda realizar análisis químicos del pH y otros elementos como fosfatos, cloruros, calcio, magnesio, potasio, entre otros, en instalaciones comerciales. En cultivos caseros, al menos se debe analizar el pH del agua.

Fertilizantes: Son sales que contienen varios componentes químicos que desempeñan diferentes roles en las plantas. Dado el volumen que necesitan, se clasifican en macronutrientes y micronutrientes. Los macronutrientes son el hidrógeno (H), carbono (C), nitrógeno (N), oxígeno (O), potasio (K), fósforo (P), calcio (Ca), azufre (S) y magnesio (Mg); también teniendo elementos en menor cantidad como el

cobre (Cu), hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), boro (B) y molibdeno (Mo); que son los micronutrientes. Las plantas absorben el CO₂ del aire, mientras que el oxígeno y el hidrógeno lo absorben del agua, por lo que estos macroelementos no se les suman.

2.3.6. Nitrato de calcio

El nitrato de calcio es un fertilizante que está presente en la mayoría de los planes de fertilización de infinidad de cultivos. El calcio es un nutriente vital para edificar las paredes celulares de las plantas. (Sembralia, 2021, p. 1).

Un escaso aporte de calcio impactará en el desarrollo de raíces, hojas, frutas y, por supuesto, en tu desempeño. A esto debes añadir que las células débiles tienen una mayor propensión a padecer ataques biológicos. Por estas razones y otras de igual relevancia, en este artículo te explicaremos todo acerca del empleo del nitrato de calcio en la agricultura. (Sembralia, 2021).

Según Sembralia (2021), el nitrato de calcio es una sal blanca y anhidra, lo que significa que no contiene agua ni coloración. Este fertilizante inorgánico, con la fórmula Ca(NO₃)₂, se obtiene generalmente mediante reacciones entre piedra caliza o roca fosfática y ácido nítrico, aunque también puede producirse a partir de la reacción entre nitrato de amonio e hidróxido de calcio. Su producción y desarrollo se centran principalmente en:

- la agricultura
- el tratamiento de aguas residuales.

Es un componente químico eficaz para la alimentación vegetal de las plantas, suministrando calcio y nitrógeno. Posee una alta solubilidad, por lo que es habitual hallar productos que se presentan en estado de solución. (Sembralia, 2021).

Composición y riqueza del nitrato de calcio

La mayoría de los recipientes de nitrato de calcio que hallamos en el mercado, tanto en una tienda virtual como en una física, poseen una composición y riqueza que se asemeja a la siguiente: Nitrógeno total (N): 15.5% (Sembralia, 2021).

Calcio (CaO): 26%

Naturalmente, hay fluctuaciones en decimales. Normalmente, el nitrógeno se halla entre el 14.4 y el 14.5% y, en relación al calcio, entre el 26 y el 27%. Siempre, el 93% del nitrógeno que proporciona el nitrato de calcio se presenta en forma nítrica. El 7% restante corresponde al nitrógeno de amoníaco. El nitrato cálcico provoca una ligera

alcalinización en el suelo (incrementa el pH). En el contexto de los cultivos en invernadero, donde la conductividad es un factor clave, se debe considerar que cada meq de calcio agregado al cultivo también aporta 1 meq de nitrógeno. En términos de mmol L⁻¹, cada 1 mmol de calcio añadido al cultivo equivale a 2 mmol de calcio” (Sembralia, 2021).

Aplicación del medio nutritivo

La aplicación del medio nutritivo estará condicionada por el tipo de sustrato y el sistema de riego implementado en el cultivo hidropónico. El programa de fertilización se ajustará en función de la especie cultivada y la temporada en cuestión. En los meses de bajas temperaturas, la fertilización se realizará una o dos veces semanalmente, mientras que, durante los meses de altas temperaturas, se incrementará a tres o cuatro veces por semana. En los días restantes, se empleará agua de uso común. Es imperativo no descuidar la utilización del medio nutritivo, dado que su carencia puede provocar insuficiencias nutricionales, impactando negativamente en el desarrollo y la salud de las plantas. (Zárate, 2014).

2.3.7. Fertilización foliar

Conza (2024), para realizar una adecuada fertilización foliar, es indispensable proporcionar los nutrientes esenciales a la planta por medio de las hojas, debido a que es en ese lugar donde se lleva a cabo la fotosíntesis, el cual es la mayor actividad fisiológica de la planta. Las aplicaciones de minerales y nutrientes se realizan mediante la combinación de agua y la pulverización utilizando maquinaria especializada, siendo el agua el medio que promueve la penetración de los nutrientes en las hojas. La fertilización foliar constituye una práctica común en numerosos sistemas de producción, ya que permite la corrección rápida y apropiada de 20 deficiencias nutricionales, especialmente de micronutrientes, lo cual promueve el crecimiento y mejora el rendimiento y la calidad de los productos agrícolas.

a. Importancia de la fertilización foliar

Conza (2024), indica que el objetivo de la fertilización foliar es rectificar rápidamente las deficiencias de micronutrientes, lo que convierte a este proceso en un proceso esencial. Para nutrientes esenciales como el nitrógeno, el fósforo y el potasio, la aplicación foliar se presenta como un complemento y no reemplaza la aplicación del suelo, dado que las plantas demandan volúmenes significativos de estos elementos. La cantidad aplicada mediante foliar es considerablemente inferior a la que se aplica

al suelo. A pesar de que la fertilización foliar para estos nutrientes es adicional, bajo determinadas circunstancias puede optimizar el rendimiento de la cosecha. Estas circunstancias comprenden limitaciones en la nutrición mineral de las plantas, ocasionadas por complicaciones en el sistema radicular, tal como se manifiesta durante la sequía, cuando la ausencia de agua restringe la nutrición de las raíces y afecta el desarrollo vegetal. En dichas circunstancias, la absorción de nutrientes por las raíces se encuentra en peligro, lo que exige la implementación de la vía foliar.

b. Absorción foliar de nutrientes

Los nutrientes entran en las hojas a través de las estomas localizados en la parte superior o en el centro de las hojas, y por pequeños espacios llamados ectodesmos. A medida que la cutícula de las hojas se expande, se crean espacios vacíos que permiten la penetración de los nutrientes. Las células epidérmicas en las capas externas de las hojas regulan la entrada de estos nutrientes en la superficie y otras áreas respiratorias de la planta. Estas paredes celulares se encuentran revestidas con una capa de celulosa, hemicelulosa, pectinas y ceras, que previenen la pérdida excesiva de solutos por precipitaciones. La carga negativa de los compuestos péptidos y los polímeros de cutina no esterificados permite que esta capa cuticular opere como un intercambiador catiónico de potencia reducida. (Prado, 2018).

2.3.8. Fertilización foliar en *Nasturtium officinale* “berro”

Cultivo hortícola de ciclo corto, cuya producción se ve influenciada de manera significativa por el manejo nutricional. Dentro de este manejo, la fertilización constituye una estrategia completamente de gran importancia, especialmente para el suministro de nutrientes con limitada movilidad dentro de la planta, como el calcio.

La fertilización foliar con nitrato de calcio permite el suministro simultáneo del calcio (Ca^{2+}) y nitrógeno en forma nítrica (NO_3^-), nutrientes esenciales para el crecimiento vegetativo, la integridad estructural de los tejidos y la calidad del producto.

El calcio

Cumple funciones estructurales clave en la formación de las paredes celulares, estabilidad de las membranas celulares, lo cual se traduce en una mayor resistencia mecánica del tejido vegetal. Participa también en procesos de señalización celular y regulación del metabolismo vegetal, sin embargo, su movilidad en el floema es limitada, lo que dificulta su redistribución hacia los órganos jóvenes, cuando existe disponibilidad suficiente en el suelo (White & Broadley 2003). Por ello la aplicación de

foliar del nitrato de calcio adquiere especial relevancia, gracias a que permite una absorción directa de los nutrientes a través de la superficie foliar, lo cual favorece su disponibilidad inmediata en los tejidos en crecimiento. Algunos estudios indican que la fertilización foliar con calcio mejora la calidad en hojas de los cultivos de hortalizas de hoja, reduciendo la incidencia de necrosis marginal, clorosis y pérdida de firmeza, entre otros (Fernández & Brown, 2013).

Funciones fisiológicas del calcio (Ca) en la aplicación foliar

Macronutriente secundario esencial el cual cumple funciones estructurales y fisiológicas clave en el metabolismo vegetal. Cuya función principal está relacionada con la formación y estabilidad de la pared celular, ya que forma parte de los pectatos de calcio en la lámina media, otorgando rigidez y cohesión a las células vegetales (Marschner, 2012). También desempeña un rol fundamental en el mantenimiento de la integridad de las membranas celulares, regulando su permeabilidad y evitando la pérdida de solutos. Una adecuada concentración de calcio contribuye a la estabilidad de las membranas, lo que se traduce en una mayor tolerancia de la planta frente a condiciones de estrés abiótico (Taiz et al., 2015).

El calcio también actúa como mensajero secundario en procesos metabólicos, participando en la señalización celular, activación enzimática y regulación del crecimiento y desarrollo vegetal (White & Broadley, 2003). También interviene en la división y elongación celular, favoreciendo el adecuado desarrollo de tejidos jóvenes. La aplicación foliar de calcio es importante debido a su baja movilidad en el floema, lo que limita su redistribución interna dentro de la planta. Por ello, el suministro directo a través del follaje mejora su disponibilidad en órganos con alta demanda fisiológica, como hojas jóvenes y brotes en crecimiento (Marschner, 2012).

Nitrógeno en forma nítrico (NO_3^-)

Presente en el nitrato de calcio contribuye al crecimiento vegetativo equilibrado, favoreciendo la síntesis de proteínas y clorofila, sin generar efectos negativos asociados a formas amoniacales del nitrógeno. En el cultivo del *Nasturtium officinale* donde el rendimiento del cultivo está estrechamente relacionado con la producción de biomasa foliar (Fernández et al., 2015).

Funciones fisiológicas del nitrógeno (N) en forma nítrica (NO_3^-)

El nitrógeno, macronutriente más requerido por las plantas y es un componente estructural de aminoácidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos y clorofila, por lo que su disponibilidad está directamente relacionada con el crecimiento vegetativo y la actividad fotosintética (Havlin et al., 2014). Se presenta en forma nítrica (NO_3^-) en el nitrato de calcio, la cual es de rápida absorción y asimilación por parte de las plantas, especialmente cuando se aplica vía foliar. Esta forma de nitrógeno estimula la síntesis de clorofila, incrementando la capacidad fotosintética y la producción de carbohidratos necesarios para el crecimiento y desarrollo vegetal (Taiz et al., 2015). Además, el nitrógeno nítrico favorece a la formación de hojas, tallos y brotes, incrementando favorablemente el área foliar activa y, por ende, el rendimiento del cultivo. En hortalizas de hoja, su aporte resulta determinante para la calidad y productividad (Mengel & Kirkby, 2001). También contribuye al equilibrio iónico y osmótico de la planta, lo cual facilita la absorción de otros nutrientes esenciales y presenta menor riesgo de fitotoxicidad en aplicaciones foliares en comparación con otras formas nitrogenadas (Havlin et al., 2014).

2.3.9. Sistema hidropónico NFT (*Nutrient Film Technique*)

Este sistema de recirculación fue creado en Inglaterra en la década de 1960 por el Dr. Allan Cooper. Este procedimiento, conocido en español como "técnica de la película nutriente", es uno de los sistemas hidropónicos más conocidos en el presente. El film nutricional se propaga a través de las raíces de las plantas de manera constante o esporádica. Se trata de un sistema en el que no se encuentra sustrato, sino que las raíces se mantienen sostenidas por un canal de cultivo.

Desde sus inicios hasta nuestros días, el NFT se ha empleado principalmente en la producción de hortalizas de excelente calidad. El sistema se ha propagado a nivel global, particularmente en zonas donde hay restricciones del suelo y posibles mercados para cubrir la necesidad de vegetales frescos, seguros y de alta calidad. (Fertilab, 2014).

El sistema hidropónico NFT (*Nutrient Film Technique*) que, traducido al español significa "la técnica de la película de nutriente", es el sistema hidropónico recirculante más popular para la producción de cultivos en el mundo. (Valencia, 2024).

Este sistema fue creado por el Dr. Allan Cooper (en la década de 1960) en Inglaterra y, desde aquel momento, se ha enfocado principalmente en la producción de vegetales, en particular especies de hojas (como la lechuga, la acelga, entre otras), a

gran y mediana escala, con una alta calidad de producción en invernaderos (Valencia, 2024).

2.3.9. Humedad relativa

La humedad relativa (Hr) es la relación entre la cantidad de vapor de agua en el aire y el máximo que puede contener a una temperatura dada. Es crucial en climatización y ventilación, ya que indica el nivel de saturación del aire. (S&P, 2024. p. 1).

2.3.10. Rendimiento

El rendimiento de un cultivo, expresado en kilogramos por hectárea, es la forma más común de medir la productividad por unidad de área. Sin embargo, es aún más importante incrementar la rentabilidad, que se puede medir en términos de dinero generado por hectárea o unidad de área. Este documento analizará las principales formas de evaluar la productividad agrícola y sus distintas repercusiones, para que el usuario determine qué medida de productividad es la más adecuada a implementar en su finca. La productividad agrícola es el método de productividad más valorado por los agricultores. (Camacho et al., 2020).

Para establecerlo, se pueden medir las variaciones en el volumen, sin embargo, debido a los retos prácticos que implican estas mediciones, generalmente se determinan variables agronómicas asociadas, como la acumulación de peso, las fluctuaciones en altura o diámetro, o las modificaciones en la superficie foliar (Benedetto, 2016).

2.3.11. Peso fresco

El peso fresco se refiere al peso registrado justo después de la recolección del producto. Esta característica abarca el contenido de agua en el producto. El peso fresco resulta beneficioso al evaluar los rendimientos antes de comercializar nuestro producto. Normalmente se abona por el peso fresco del artículo. Esta es la principal razón por la cual estamos muy habituados a emplear el peso fresco como la variable a evaluar al evaluar los resultados del cultivo (AMERICAS, 2024).

2.3.12. Materia seca

La materia seca en las plantas alude a la parte de la planta que se mantiene tras la eliminación del agua. Principalmente está constituido por elementos orgánicos, tales como carbohidratos, proteínas y lípidos, además de elementos inorgánicos, como las sales minerales. La materia seca es un índice relevante del desarrollo y crecimiento de la planta, dado que muestra la cantidad de biomasa acumulada.

El peso seco se refiere al peso que se registra tras secar el tejido de la planta a temperaturas superiores a la temperatura ambiente. El procedimiento de secado expulsa el agua del cultivo. El peso seco puede ser un instrumento muy eficaz y fiable para valorar el rendimiento del cultivo, en particular al implementar cualquier tratamiento destinado a incrementar el rendimiento o la calidad (AMERICAS, 2024).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del estudio

El estudio se llevó a cabo en el establecimiento de producción de lechugas hidropónicas que es propiedad de la compañía HydroHuamanga SAC. Ubicado Jr. Los Cedros S/N - Distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray - Canaán Bajo.

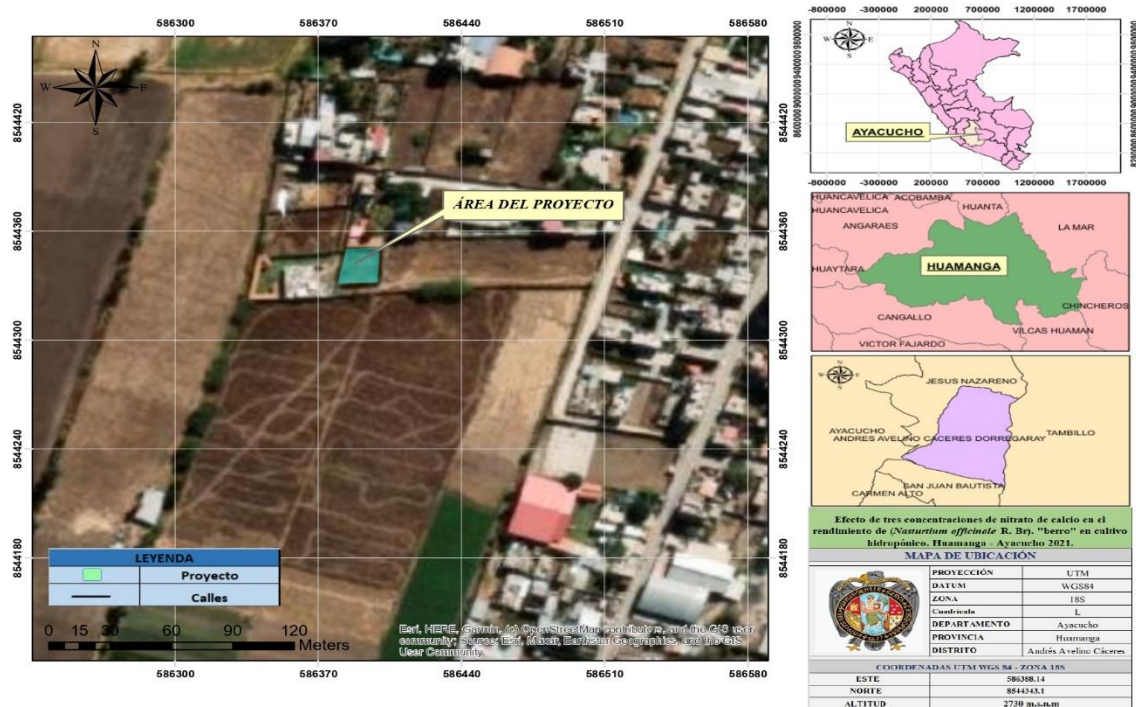


Figura 2. Ubicación de la Empresa HydroHuamanga SAC., distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga, región Ayacucho.
Fuente: Google earth (2025)

3.1.1. Ubicación geográfica

El centro de producción de lechugas hidropónicas está localizado en las siguientes ubicaciones geográficas:

Altitud : 2730 msnm

Latitud sur : 13° 09' 58"

Longitud oeste : 74° 12' 10"

3.1.2. Ubicación política

Lugar : Jr. Los Cedros S/N – Canaán Bajo

Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray

Provincia : Huamanga

Región : Ayacucho

3.1.3. Descripción del ambiente

Para Ayacucho, la temperatura media anual es de 16°C, con un máximo anual de 24°C y un mínimo de 8,4°C. los meses de verano se caracterizan por ser los más calurosos con lluvias, mientras que los meses de invierno presentan heladas. Para esta localidad, la precipitación total es de 572,9 mm, siendo los meses de octubre a marzo los que una mayor frecuencia y abundancia de lluvias (Roque, 2019).

a. Ambiente hidropónico

El sistema hidropónico se diseñó bajo el método NFT (*Nutrient Film Technique*), conformado por un módulo de ocho tubos de PVC, cada uno con una longitud de 12 m y un diámetro de 7,62 cm, dispuestos con una separación de 25 cm entre sí. Posteriormente, se realizaron perforaciones en los tubos, distanciadas 20 cm entre cada orificio, los cuales servirán como puntos de crecimiento para el berro trasplantado. Este diseño proporciona una superficie total de producción de 22 m² y una densidad de siembra de 480 plantas por m². Además, para proteger los cultivos de la radiación solar directa y de posibles plagas, todo el sistema fue cubierto con una malla de sombra "raschel" al 80%.

Para el almacenamiento de la solución nutritiva se empleó un tanque con capacidad de 1000 litros. El flujo continuo de la solución a lo largo de todo el sistema fue garantizado mediante una electrobomba de 1 HP de potencia, asegurando una adecuada circulación y distribución de los nutrientes.

Para el transporte de la solución nutritiva se utilizaron tubos de PVC de 3/4 de pulgada de diámetro, los cuales se conectan a los distintos canales instalados. Estos

conductos se encargan de llevar la solución nutritiva que entra en contacto con las raíces de las plantas, suministrándoles el agua y los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo. La solución recorre todo el sistema y se almacena en un tanque de recolección, desde donde es nuevamente bombeada para repetir el proceso, generando un ciclo de recirculación. Todo este funcionamiento es posible gracias a un dispositivo de control automatizado que regula la frecuencia y el tiempo de riego, asegurando una distribución uniforme de la solución nutritiva en todos los canales.

3.2. Variables de evaluación

Tabla 4. Variables dependientes e independientes.

variables independientes	
Concentraciones de nitrato de calcio	$T_c = 0.05\%$
	$T_1 = 0.04\%$
	$T_2 = 0.06\%$
	$T_3 = 0.08\%$
	$T_0 = 0.00\%$
Variables dependientes	Indicadores
Factores de productividad del berro	Altura de la planta (cm)
Biomasa	Peso fresco (g)
	Peso fresco (g)
	Rendimiento (kg/m^2)

3.3. Diseño experimental

El experimento empleó el modelo de diseño completamente al azar (DCA), con cinco tratamientos y 3 repeticiones (Ezpinoza, 2019).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Respuesta observada con el tratamiento i en la repetición

μ = Promedio general

T_i = Efecto del tratamiento i ; $i: 1, 2, \dots, t$.

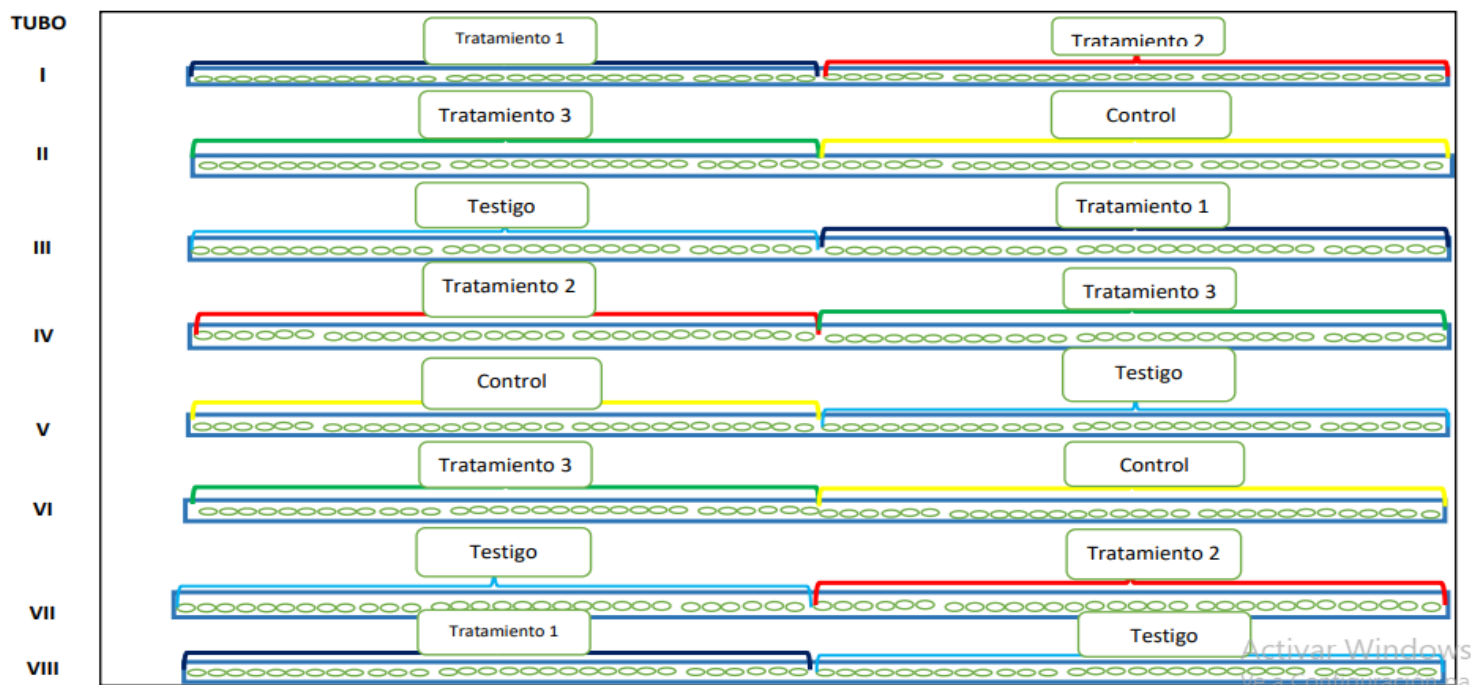
ϵ_{ij} = término de error asociado al tratamiento i la repetición j

3.3.1. Tipo de investigación

El estudio realizado fue de naturaleza básica, pues aporta nuevos conocimientos sobre el desempeño del berro en distintas concentraciones de nitrato de calcio; y de carácter experimental dado que implicó la modificación controlada de variables.

3.3.2. Diseño de investigación

La asignación de los tratamientos en el sistema NFT se llevó a cabo por medio de un Diseño Completos al Azar (DCA) y cinco tratamientos. Se realizó la disposición de las unidades experimentales al azar, determinando aleatoriamente el lugar de columna y fila en el grupo de tubos que contenían *Nasturtium officinale* R. Br. "Berro." Para identificar cada tratamiento, se usaron cintas de diferentes colores. El tratamiento 1 (nitrato de calcio al 0,04%) se identificó con una etiqueta negra; el tratamiento 2 (nitrato de calcio al 0,06%), con una etiqueta roja; el tratamiento 3 (nitrato de calcio al 0,08%), con una etiqueta verde; el control (nitrato de calcio al 0,05%), con una etiqueta amarilla; y el testigo (nitrato de calcio al 0,00%), con una etiqueta azul.



- 1 COLOR NEGRO: T1: 0,04%
- 2 COLOR ROJO: T2: 0,06%
- 3 COLOR VERDE: T3: 0,08%
- 4 COLOR AMARILLO: TC: 0,05%
- 5 COLOR AZÚL: T:0.00%

Figura 3. Diseño y distribución de plantas de *Nasturtium officinale* R. Br. "berro" en el sistema NFT.

3.3.3. Análisis estadístico

Con la información obtenida se llevó a cabo la creación de una matriz de datos en Excel, utilizando estos datos para generar tablas y figuras que muestran estadísticos, con el objetivo de observar el desempeño del berro en los tres tratamientos de nitrato de calcio, el tratamiento testigo y el tratamiento control. Para identificar posibles diferencias importantes entre los tratamientos en relación al peso fresco, peso seco y altura de la planta, se llevaron a cabo el análisis de varianza. Se aplicó la prueba de comparación múltiple de Kruskal Wallis, usado para pruebas no paramétricas; encontrando diferencias considerables entre los rendimientos de los berros por tratamientos, empleando como herramienta estadística el software SPSS.

3.4. Población y muestra

Población

Compuesta por 480 plantas de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”, producidas en la empresa HydroHuamanga SAC.

Muestra

La muestra constituida por 300 plantas de berro, el cual procede de 20 plantas como unidad de análisis, 5 tratamientos y tres repeticiones.

3.5. Metodología y recolección de datos

3.5.1. Material biológico

Las semillas fueron adquiridas de la empresa HIDROPÓNICA S.A.C. semillas certificadas con un porcentaje de pureza del 95% y una germinación mínima de 85%.

3.5.2. Almacigado de semillas

- Esta etapa se realizó siguiendo los siguientes pasos:
- En una bandeja que tiene alveolos se plástico flexible se llenó de turba (sustrato).
- Con un palillo se realizó unos huecos en cada compartimento.
- En cada hoyo se colocó 2 semillas por alveolo
- Se mantuvo el semillero en un lugar cálido sin sol directo y sin corriente de aire.
- Con una regadera a choros se regó constantemente, después de la germinación en los alveolos germinaron dos plántulas se dejó solo 1 planta. Los procedimientos realizados fueron basándose en la recomendación de (INDESOL, 2013).

3.5.3. Trasplante

El trasplante se realizó cuando aparecieron las 4 primeras hojas verdaderas, para lo cual las bandejas fueron remojadas completamente para facilitar el desprendimiento de las plántulas del sustrato, seguidamente las plántulas fueron colocadas directamente en los hoyos de los conductos del sistema NFT que fueron colocados con vasos descartables. Este proceso se realizó siguiendo las recomendaciones de (Pizarro, y otros, 2020).

3.5.4. Mantenimiento de labores culturales

Riego

Las plantas fueron alimentadas con una solución nutritiva, y se empleó una electrobomba para la recirculación, la cual se controlará mediante un dispositivo programado, que activa el mecanismo de riego en diferentes intervalos de tiempo.

Control de conductividad eléctrica, pH y temperatura

Se llevaron a cabo controles diarios de conductividad y pH usando un potenciómetro portátil de Hanna modelo combo HI98129, diseñado para realizar mediciones de pH/CE/°C en la solución nutritiva.

3.5.5. Aplicación de nitrato de calcio para fertilización foliar

a. Preparación de la solución foliar de nitrato de calcio

Los fertilizantes como el nitrato de calcio, fueron hechos con una composición de: nitrógeno total (N) del 15,5%, nitrógeno amoniacal del 14,5%, nitrógeno nítrico del 14,5% y calcio soluble en agua (CaO) del 27%. Se establecieron cinco procedimientos para los cuales se evaluaron las concentraciones siguientes de nitrato de calcio siguiendo la metodología de (Rodríguez, 2005):

Tabla 5. Soluciones foliares de nitrato de calcio a diferentes concentraciones

Tratamiento	Concentración de nitrato de calcio	Preparación
T ₁	0,04 %	0,04 g/100 ml de agua
T ₂	0,06 %	0,06 g/100 ml de agua
T ₃	0,08 %	0,08 g/100 ml de agua
Tratamiento control	0,05 %	0,05 g/100 ml de agua
Tratamiento testigo	0.00%	0,00 g/100 ml de agua

b. Aplicación

La aplicación del fertilizante se realizó después de dos semanas de haber realizado el trasplante, la llovizna se efectuó directamente a la frondosidad de las plantas utilizando un aspersor manual, una vez por semana durante 4 semanas, luego se tomó en cuenta dos semanas de ausencia para la cosecha. Este procedimiento se realizó siguiendo la recomendación de (ADP Fertilizantes, 2021), y el método de (Rodríguez, 2005),

3.5.6. Cosecha

La cosecha se realizó antes de que la planta en floración contando desde el trasplante 25 a 40 días siguiendo la recomendación de (Pizarro, y otros, 2020).

3.6. Parámetros de evaluación

3.6.1. Determinación de la altura de la planta *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”

Altura de la planta: Esta evaluación se realizó después de la cosecha en muestras de cada tratamiento y repetición, se midió la altura con una regla metálica graduada en cm.

3.6.2. Determinación del peso fresco y seco del follaje de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”.

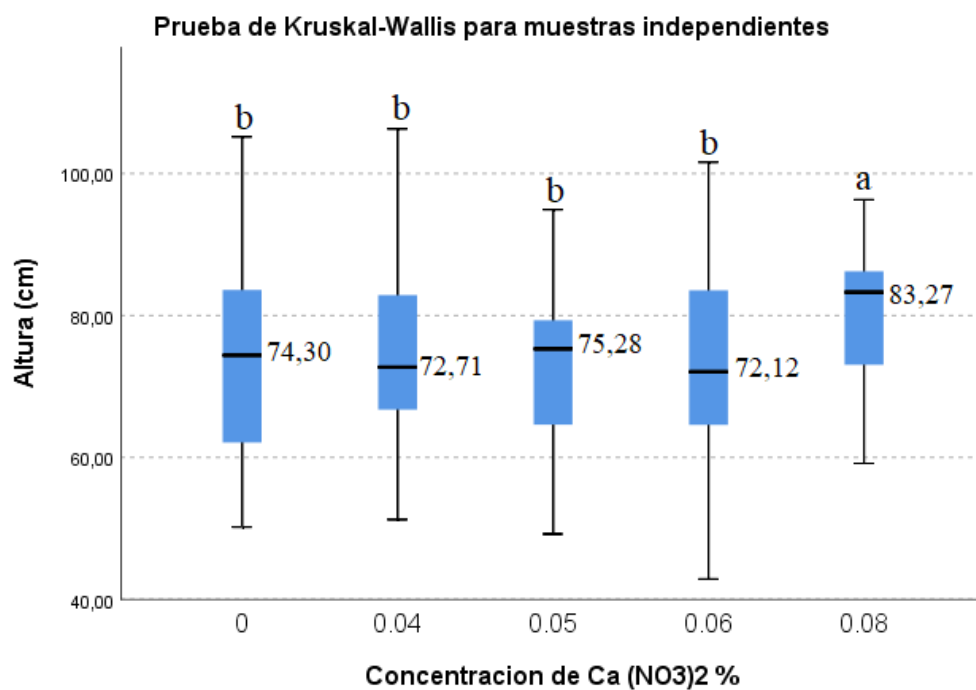
Peso fresco: Esta evaluación se llevó a cabo utilizando una balanza digital de marca HENKEL con una capacidad de 310 g, tras concluir el experimento en muestras de cada tratamiento y repetición, en el cual se partieron las partes de la raíz, decapitando la planta.

Peso seco: Esta evaluación se registró las mismas muestras que se tomarán en peso fresco, secando en una estufa a 64°C durante 24 horas.

3.6.3. Determinación de rendimiento de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”.

Al momento de la cosecha se tomó 20 plantas de *Nasturtium officinale* de manera aleatoria para cada tratamiento y repetición por metro cuadrado.

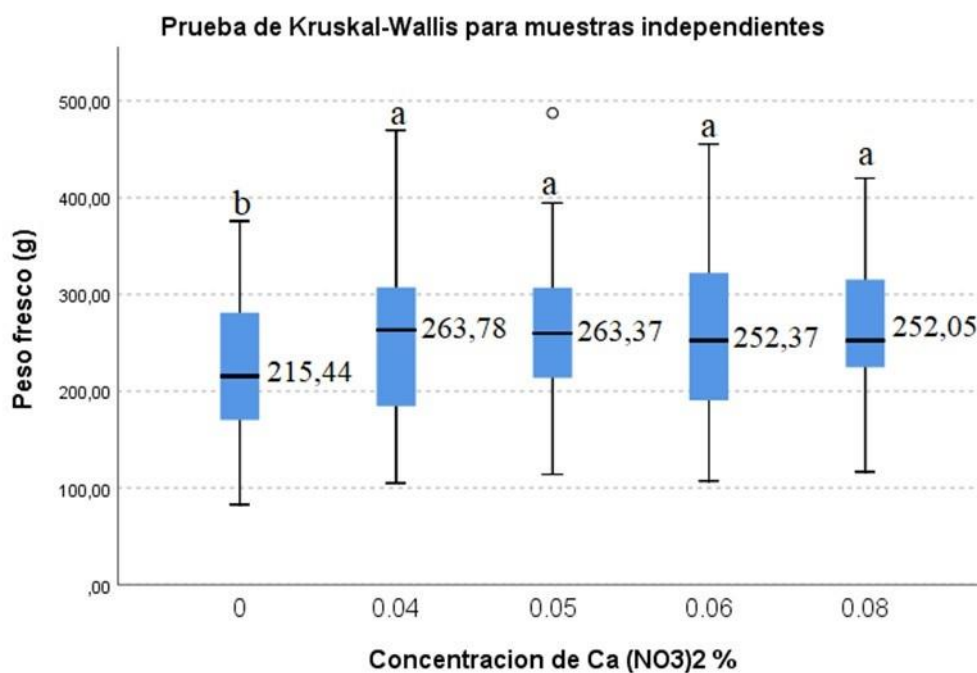
IV. RESULTADOS



Leyenda:

- T1: Tratamiento 1 con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.04%
- T2: Tratamiento 2 con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.06%
- T3: Tratamiento 3 con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.08%
- TC: Tratamiento de Control con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.05%
- T0: Tratamiento Testigo (sin aplicación) con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.00%

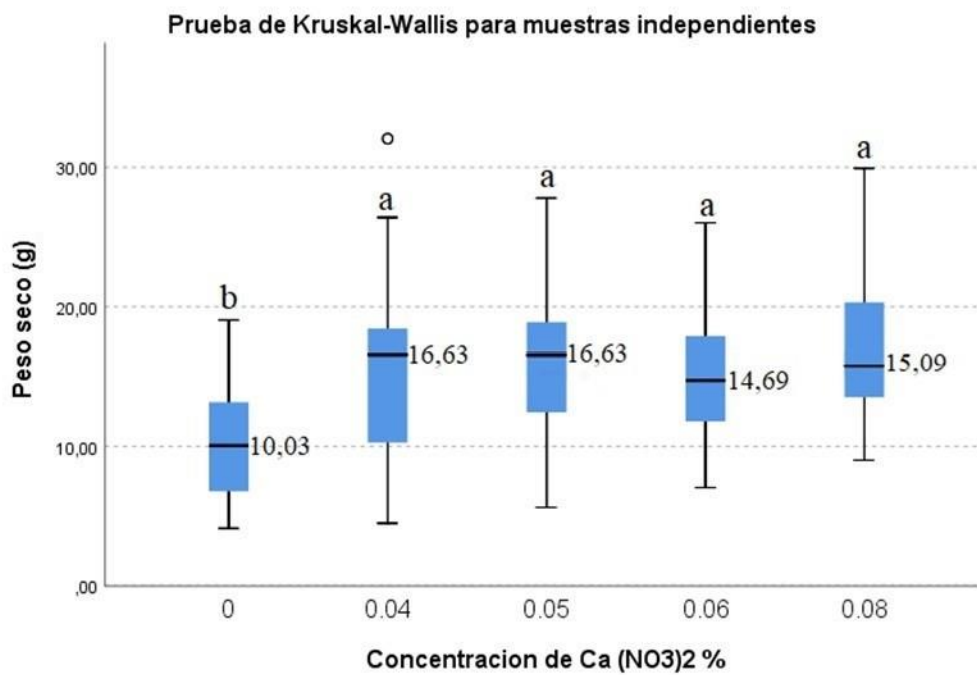
Figura 4. Promedio de la altura (cm) de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro” en cultivo hidropónico fertilizada con cinco concentraciones de nitrato de calcio (Ca(NO₃)₂).



Leyenda:

- T1: Tratamiento 1 con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.04%
- T2: Tratamiento 2 con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.06%
- T3: Tratamiento 3 con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.08%
- TC: Tratamiento de Control con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.05%
- T0: Tratamiento Testigo (sin aplicación) con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.00%

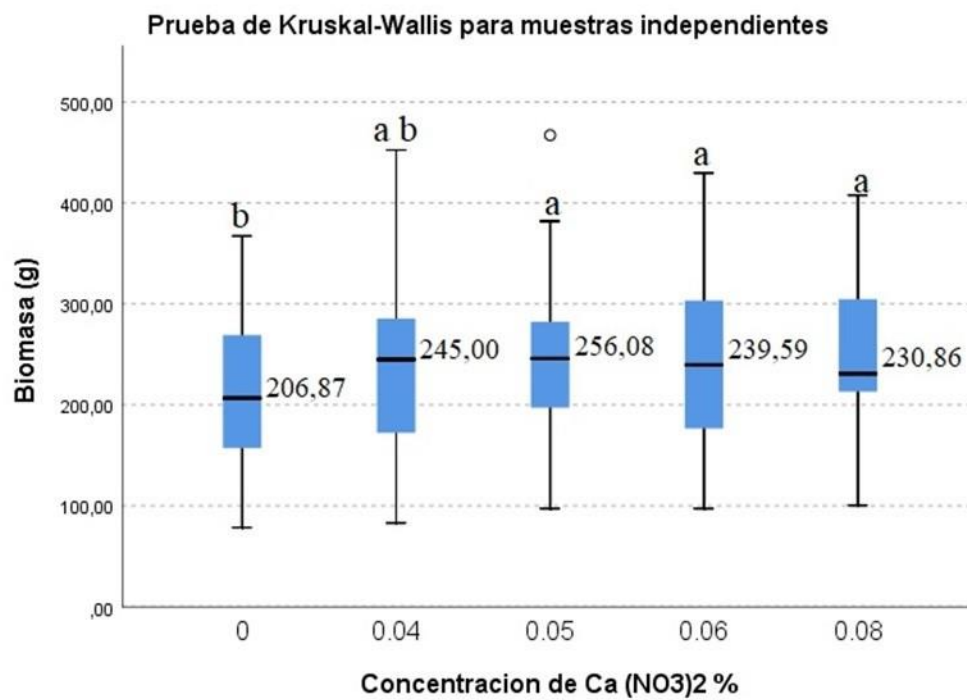
Figura 5. Promedio del peso fresco de la planta (g) de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro” en cultivo hidropónico fertilizada con cinco concentraciones de nitrato de calcio (Ca(NO₃)₂).



Leyenda:

- T1: Tratamiento 1 con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.04%
- T2: Tratamiento 2 con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.06%
- T3: Tratamiento 3 con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.08%
- TC: Tratamiento de Control con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.05%
- T0: Tratamiento Testigo (sin aplicación) con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.00%

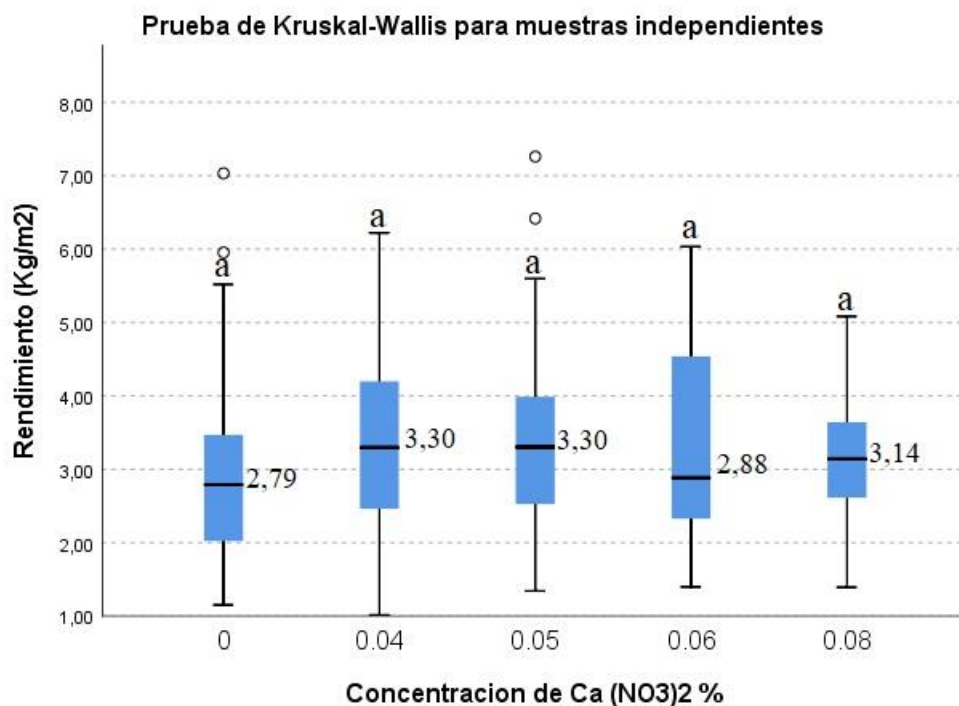
Figura 6. Promedio del peso seco de la planta (g) de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro” en cultivo hidropónico fertilizada con cinco concentraciones de nitrato de calcio (Ca(NO₃)₂).



Leyenda:

- T1: Tratamiento 1 con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.04%
- T2: Tratamiento 2 con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.06%
- T3: Tratamiento 3 con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.08%
- TC: Tratamiento de Control con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.05%
- T0: Tratamiento Testigo (sin aplicación) con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.00%

Figura 7. Promedio de la biomasa (gr) de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro” en cultivo hidropónico fertilizada con cinco concentraciones de nitrato de calcio (Ca(NO₃)₂).



Leyenda:

- T1: Tratamiento 1 con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.04%
- T2: Tratamiento 2 con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.06%
- T3: Tratamiento 3 con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.08%
- TC: Tratamiento de Control con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.05%
- T0: Tratamiento Testigo (sin aplicación) con concentración de Ca(NO₃)₂ al 0.00%

Figura 8. Mediana del rendimiento (kg/m²) de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro” en cultivo hidropónico fertilizada con cinco concentraciones de nitrato de calcio (Ca(NO₃)₂).

V. DISCUSIÓN

“Respecto a las pruebas de normalidad, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov^a porque el tamaño de la muestra superó las 50 observaciones. Para los tratamientos con concentraciones de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ al 0,04% (T1), al 0,06% (T2), al 0,08% (T3) y para el tratamiento control al 0,05% (TC) como para el tratamiento testigo al 0,00% (T0), se obtuvieron valores del Sig. bilateral de 0,000 (menores al nivel de significancia de 0,05), lo que indica que los tratamientos no presentan una distribución normal, por lo que se utilizó la prueba no paramétrica de Friedman. De la misma manera, los valores del sig. bilateral fueron de 0,001 para la altura con una concentración de 0,08% de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, de 0,000 para el peso fresco con una concentración de 0,08% de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y de 0.009 para el peso seco con una concentración de 0,00% de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, siendo todos estos menores a 0,05”.

Altura de planta

“En lo que respecta a la altura, la figura 1 indica que, con el tratamiento con una concentración de 0,08% de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (T3), la altura media de *Nasturtium officinale* R. "Berro" Br alcanzó los 83,27 cm, lo que fue notablemente superior al resto de los tratamientos (T1 y T2), difiriendo así significativamente de los demás tratamientos. En el tratamiento observado (con un 0,06% de nitrato de calcio), las plantas observadas mostraron una altura inferior, con un promedio de 72,71 cm. Estos resultados nos indican que la aplicación de nitrato de calcio puede aumentar la concentración de este nutriente en la planta y, por lo tanto, mejorar su crecimiento y desarrollo. Estos resultados son similares con lo reportado por Prado (2018), en lechuga hidropónica, donde el tratamiento con 0,08% de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ resultó en una altura promedio de 25,04 cm, significativamente superior al testigo sin nitrato de calcio (22,93 cm), los datos

reportados en esta investigación no coinciden por el hecho de que no se realizó la investigación en la misma especie de cultivo, sin embargo reportan los mejores resultados con la misma concentración de nitrato de calcio. Además, en este tratamiento se observó un mayor desarrollo radicular, lo que sugiere que “la disponibilidad de nitrato de calcio no solo promueve el crecimiento aéreo sino también el desarrollo de raíces más extensas, facilitando la absorción de agua y nutrientes” Ambriz (2024). Por otro lado, Rosero (2015), “reportó en cultivo de (*Nasturtium officinale* L.), tratado con solución (B) Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes, obtuvo la mayor altura con 40,67 cm de altura sin diferir estadísticamente a los tratamientos con sus diferentes dosis. El tratamiento “Testigo” registró el menor valor promedio con 29,69 cm, en uno de los tratamientos se incluyó el nitrato de calcio en una concentración de 0.4 g L⁻¹, pero no se obtuvieron los mejores resultados”. Además, Sánchez (2022), llevó a cabo una investigación acerca del impacto de tres grados de citoquininas en el crecimiento y la productividad del cultivo hidropónico de berro (*Nasturtium officinale*). Los hallazgos indican que las alturas promedio de planta para el berro hortense (*Barbarea verna*) son las siguientes: B4 - 27,4 cm, B2 - 23,3 cm, B3 - 26,9 cm y B1 - 23 cm; lo cual es positivo en términos de desarrollo fisiológico para ambas variedades. Las longitudes medias de raíz para la variedad berro de agua (*Water cress*) son las siguientes: B4 - 63,9 cm, B3 - 51,2 cm, B2 - 50 cm y B1 - 42,5 cm. El fertilizante foliar tuvo un efecto más significativo en esta variable de estudio que la variedad (*Water cress*). Este análisis menciona la variable de investigación relacionada con la altura de las plantas en comparación con la producción hidropónica. De manera similar Córdor (2023), obtuvo mejores resultados con soluciones nutritivas hidropónica en ml. L⁻¹ siendo mejor T1 una altura de 19,10 cm. Por otro lado, Chávez (2021) halló que no existe una diferencia estadística entre tratamientos, lo que indica que son iguales desde el punto de vista estadístico; sin embargo, el tratamiento T4 (EM-5 + EM-1 + Fertilizante) se destaca con 8.37 cm frente al T2 (EM-5 + Fertilizante), que tiene 8.20 cm. Una variación mínima de 0,17 cm. Lo que significa que “La aplicación foliar de calcio fortalece la resistencia de las plantas frente a estrés abiótico y biótico, mejorando la integridad celular y la defensa contra patógenos” (Hocking et al., 2016).

Rendimiento en peso fresco y seco

“Respecto al peso fresco en la figura 2, se muestran los promedios de los pesos frescos de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro” hidropónicas luego de la cosecha. El peso fresco del *Nasturtium officinale* R. Br. fue más elevado en el tratamiento 1. “Berro” (263,78 g), que corresponde a una concentración de 0,04% de nitrato de calcio, pero esta no difiere significativamente de los tratamientos (T2, T3 y el TC); no obstante, en el tratamiento 3, donde la concentración de nitrato de calcio fue más alta (0,08%), el peso fresco medio alcanzó los 252,05 g. Las plantas registraron un menor peso fresco (215,44 g) en el testigo (0,00% de nitrato de calcio)”. En contraste, Prado (2018) reportó que, con un tratamiento de 0,08% de nitrato de calcio, la lechuga alcanzó su mayor peso fresco (185,19 g), evidenciando diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. De manera similar, Cóndor (2023) obtuvo su mejor resultado con el tratamiento T1, que generó un mayor rendimiento, alcanzando un peso fresco de 159,15 g. Por su parte, Aguirre (2023) estudio los efectos de 3 medios nutritivos, en el cultivo hidropónico de lechugas (*Lactuca sativa*), obteniendo valores menores en comparación con los estudios anteriores: T0 = 10 g, T1 = 8 g y T2 = 7 g. esto se pudo dar debido a mayor concentración de nutrientes en el medio nutritivo, puesto que para el desarrollo y crecimiento adecuado del cultivo son indispensables tanto los macronutrientes como los micronutrientes, elementos esenciales que garantizan la supervivencia de la planta a lo largo de su ciclo de cultivo” (Cajo Curay, 2016). Asimismo, Chávez (2021) “obtuvo resultados que no coinciden con los datos obtenidos en esta investigación, con respecto al rendimiento de peso fresco en relación con los EM y fertilizantes, demuestra que el T3 (Fertilizante + EM-1 + Pesticida) con 14.12 gr. es diferente al T4 (Fertilizante + EM-1 + EM-5) quien tiene un mayor peso fresco equivalente a 15.24 gr., encontrando diferencias entre ambos tratamientos de 1,12 gr”. Con respecto a las variables que se utilizan para calcular el rendimiento”. Sánchez (2022) encontró lo siguiente: los pesos frescos sin raíz para ambas variedades, siendo para el berro hortense (*Barbarea verna*) los siguientes promedios de peso por planta; B4 - 115,19 g, B3 - 113,19 g, B2 - 78,41 g y B1 - 53,79 g. En cuanto a la variedad berro de agua (*Water cress*), los pesos promedio de las plantas son: B4 - 164,58 g, B3 - 153,21 g, B2 - 150,41 g y B1 - 78,14 g. Este resultado evidencia que la variedad (*Water cress*) responde de manera repentina a las

dosificaciones, lo que la convierte en la más eficiente. Este estudio no guarda ninguna similitud con respecto a los datos obtenidos, pero en relación a la cantidad de nutrientes, a mayor cantidad de Citoquininas m^{-2} en condiciones de invernadero de la variedad (Water cress), mayor será el peso fresco.

“Respecto al peso seco en la figura 3, se presenta los resultados de un experimento en el que se evaluaron los efectos de diferentes concentraciones de nitrato de calcio en el cultivo hidropónico de *Nasturtium officinale* “berro” en la región de Huamanga, Ayacucho en el 2021. Los resultados indican que, en general, el aumento de la concentración de nitrato de calcio se asoció con un aumento en el peso seco de la planta, lo que sugiere que el nitrato de calcio es un factor importante para el crecimiento de *Nasturtium officinale* en el cultivo hidropónico. En particular, los tratamientos T1 y TC mostraron un aumento significativo en el peso seco en comparación con el tratamiento control (T3) y el tratamiento testigo (T0), mientras el tratamiento T2 mostró una disminución respecto al tratamiento control (TC). El mejor indicador es el tratamiento que se da con la concentración de 0,04% y 0,05% de nitrato de calcio ($Ca(NO_3)_2$) lo que hace que la planta alcance un peso seco promedio de 16,63 g. en ambas concentraciones. Pero no existe diferencias significativas entre tratamientos, pero si difiere significativamente del tratamiento testigo (sin aplicación) que obtuvo 10.03 g. Los resultados que Paredes (2015) obtuvo no coinciden con estos, ya que en relación al peso de la planta se determinó la importancia de los tratamientos, lo cual significa que existió una diferencia importante entre al menos dos tratamientos. Mostrando así T2 con (9.11Kg/m²), T1 con (9.15 Kg/m²) y TO (testigo) con (9.33 Kg/m²). Se concluyó que el tratamiento que demostró tener una mayor productividad de *Lactuca sativa* L fue el tratamiento testigo (TO), donde se estudió cómo dos niveles de nitrógeno afectaban al rendimiento de. porque los resultados indican que no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos, lo que significa que son iguales a nivel estadístico; sin embargo, el tratamiento T4 (Fertilizante + EM-1 + EM-5), con 8.37 cm, se destacó en comparación con el T2 (Fertilizante + EM-5), con 8.20 cm. Una variación mínima de 0,17 cm.

Estos resultados sugieren que a una concentración de 0,04 y 0.05% los berros mejoran en peso fresco y peso seco.

Biomasa

Respecto a la biomasa en la figura 4, se presenta el promedio de la biomasa de la planta en cada tratamiento y concentración de nitrato de calcio. Los resultados indican que en general, la aplicación de nitrato de calcio aumentó la producción de biomasa de la planta en comparación con el tratamiento testigo sin concentración de nitrato de calcio (206,87 g). Además, se observa que los tratamientos con concentraciones más altas de nitrato de calcio como el tratamiento al 0.06% (239,59 g) y el tratamiento al 0.08% (230,86 g) presentaron una producción de biomasa ligeramente menor que el tratamiento de control (256,08 g) y el tratamiento con concentración de 0.04% presentó una biomasa de 245 g. Por lo tanto, se podría concluir que la adición de nitrato de calcio al cultivo hidropónico de *Nasturtium officinale* R. Br. "berro" no siempre aumenta la producción de biomasa y que las concentraciones más altas de nitrato de calcio a veces pueden resultar en menores niveles de producción de la biomasa en comparación con el tratamiento de control y mayores a los resultados del tratamiento testigo. Estos resultados guardan coincidencia con los hallados de Siñani (2017), quien demostró que el tratamiento T3 (V1D3) es el que mayor rendimiento presenta en el cultivo de *N. officinale*, mostrándose como la más rentable y por su parte Rosero (2015) determinó que la solución con Golden Fos 12-38-12 + micronutrientes en dosis de 1 g/L tuvo el mejor comportamiento agronómico en comparación con las otras soluciones y el testigo sin aplicación. Al final del estudio, esta misma solución fue la que llevó a un aumento significativo del número de brotes, altura, peso y rendimiento, lo cual contribuyó a mejorar la producción en cultivos hidropónicos. Se observó también que esta solución generó un incremento económico mayor al 270,1%.

Rendimiento

En la figura 5 se presentan los rendimientos por planta de *Nasturtium officinale* R. Br. hidropónico expresados en kg/m², obtenidos bajo diversas concentraciones de nitrato de calcio.

El tratamiento más efectivo fue dado por T1 (0,04% de nitrato de calcio), con una media de 3.30 kg/m², el cual es superior al tratamiento testigo (0,00% de nitrato de calcio), T3 (0,08% de nitrato de calcio) y T2 (0,06% de nitrato de calcio) con valores de 2,79 kg/m², 3,14 kg/m² y 2,88 kg/m², respectivamente; pero no se evidencia diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. De manera

complementaria, Paz (2014) “reportó que aplicando tres dosis solución con fitohormonas más fertilizante foliar de calcio-boro, se incrementaba la producción de chile pimiento en hasta 359 cajas de tercera/ha, lo que representa hasta un 40% del rendimiento total. El tratamiento con menor rendimiento fue el de 20 g de fitohormona con calcio-boro, con 90 cajas por tercera/ha, equivalente al 7% del total. Por ello, se recomendó aplicar 20 g de fitohormona mezclados con 1,2 L de calcio-boro en 200 L de agua”. Asimismo, Prado (2018) “destacó la importancia del calcio en los cultivos, subrayando que este nutriente es esencial para el desarrollo de las plantas, pues contribuye al fortalecimiento de las paredes celulares y a la elasticidad de los tejidos vegetales, factores indispensables para obtener plantas saludables y con mayor productividad. En cuanto a los resultados de sus experimentos, observó que con una concentración de 0,08% de nitrato de calcio se obtuvieron medianas más elevadas (2,78 kg/m²), lo cual fue significativamente distinto al resto de los tratamientos. Por otro lado, el tratamiento testigo presentó la menor producción de lechugas (2,56 kg/m²)”.

VI. CONCLUSIONES

- A mayor concentración de nitrato de calcio el *Nasturtium officinale* R. Br., presenta mayor altura con 0,08% (83,27 cm), en comparación con el testigo (74,33 cm) y las demás concentraciones evaluadas.
indica que a mayor concentración de nitrato de calcio presenta mayor altura.
- A concentraciones de 0.04% y 0.05% el *Nasturtium officinale* R. Br. presentó un mayor peso fresco (263,78g y 263,37g) y peso seco (16,63g) respectivamente sin diferir estadísticamente de las demás concentraciones (T2, T3, TC) pero si difiriendo del testigo que presentó (215,44 g. y 10,03g).
- La aplicación de nitrato de calcio favorece en el rendimiento del *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”, siendo la concentración de 0,04% y 0.05% las más adecuadas para el cultivo de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”.

VII. RECOMENDACIONES

- Es necesario llevar a cabo estudios con otras variedades de "berro", adaptados en diversas épocas del año para incrementar la producción del berro en cultivos hidropónicos.
- Es necesario tomar en cuenta y valorar en otros estudios la utilización preventiva de nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) para el control de enfermedades.
- Se debe realizar más investigaciones para entender los mecanismos que subyacen a efectos (rendimiento y resistencia), con el fin de valorar los posibles efectos ambientales relacionados con la adición de nitrato de calcio al suelo.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ambriz, A. (Eezy G. (20224). Nitrato de Calcio: Qué es, para qué sirve y cómo se utiliza. <https://www.eezygro.com.mx/articulos/nitrato-de-calcio-que-es-para-que-sirve-y-como-se-utiliza>.
2. Américas (2024). Peso fresco vs Peso seco. https://hortamericas.com.mx/blogs/news/peso-fresco-vs-peso-seco?srsId=AfmBOopdC6NlSeHCTS8snR7GLbJyVmOFDacoRpyoDM7w19t_IDNZ5tpn
3. Ayvar, A. J. D. (2018). Actividad antiinflamatoria y antioxidante in vitro de la fracción flavonoica aislada de las hojas de *Nasturtium officinale R.Br.* "berro". Ayacucho 2017. [Tesis de grado. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a3ad0394-f653-4560-b498-f845f8ac9509/content>
4. Benedetto, D. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento de plantas- su aplicación a cultivos intensivos RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, vol. 42, núm. 3, diciembre, 2016, pp. 258- 282. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 42(3), 258-282. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86449712008%0ACómo>
5. Botanical-online. (2025). *Berros como alimento*. <https://www.botanical-online.com/alimentos/berros-propiedades>
6. Camacho, W., Barros, J., Crespo, N., & Mejía, J. (2020). Medición de la productividad en la actividad agrícola. *Journal of Science and Research*, 5(CICACI2020), 80-91. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4725768>
7. Conza, P. L. A. (2024). *Efecto de la fertilización foliar en la producción de plántones de pino (Pinus radiata D. Don) en condiciones de fitotoldo y campo abierto en el Centro Agronómico K'ayra – San Jerónimo – Cusco*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/9287/253T20240705_TC.pdf?sequence=1
8. De La Cruz, Bartolón, Yáñez Kernke, Venegas Reyes, U. D. C., & D.R. (2022). *¿Cómo construir un sistema de hidroponía para tener un huerto en mi escuela?* (R. K. M. Kurek (ed.)). <https://www.imta.gob.mx/gobmx/DOI/ecoagua/ecoagua-sistema-hidroponia-para-huerto.pdf>.
9. Ezpinoza, M. (2019). *Características de Diseños Completamente al Azar*. <https://es.scribd.com/document/477216317/CARACTERISTICAS-DE-DISENO-COMPLETAMENTE-AL-AZAR>
10. Garcia, A., Macias, E., Loor, J., & Vega, M. (2021). Evaluación de efectos de soluciones nutritivas como alternativa de insumo en la producción de rábano (*raphanus sativus*) con sistema hidropónico bajo ambiente protegido. *Ecuadorian Science Journal*, 5(3), 320-340. <https://doi.org/10.46480/esj.5.3.163>
11. Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2014). *Fertilidad del suelo y fertilizantes: Una introducción al manejo de nutrientes* (8.ª ed.). Pearson Education. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/soil-fertility-and-fertilizers-an-introduction-to-nutrient>

[management/P200000001208/9780137593392?srsltid=AfmBOoo9B0oM1gM2UTXhTt4GA9wOuBo7N-qqJ0HdRt2mxX8OhntL0nYV](https://doi.org/10.1007/978-94-007-5212-2)

12. Hocking, P. J., Tyerman, S. D., & Gilliam, M. (2016). Calcium in plants: Transport, signaling and roles in stress tolerance. *Plant, Cell & Environment*, 39(5), 1235-1249.
13. López, Y. G. M., Mendoza Mallqui, S. D., Chávez de la Torre, M. Y., Campos Flores, M., Curo Soto, W., & Galindo Rojas, J. S. (2022). Valoración de los beneficios nutricionales del Berro (*Nasturtium Officinale*) para la anemia en Pampas Tayacaja-Huancavelica. *GnosisWisdom*, 2(2), 7. <https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v2i2.32>
14. Marschner, P. (2012). *Nutrición mineral de las plantas superiores* (3.^a ed.). Academic Press. <https://www.sciencedirect.com/book/9780123849052/marschners-mineral-nutrition-of-higher-plants>
15. Martínez Martínez, L., Velasco Velasco, V. A., Ruiz Luna, J., Enríquez-del Valle, J. R., Campos Ángeles, G. V., & Montañó Lugo, M. L. (2013). Efecto del nitrato de calcio y sustratos en el rendimiento del tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6, 1175-1184. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i6.1281>
16. Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2001). *Principios de nutrición de plantas* (5.^a ed.). Kluwer Academic Publishers. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-010-1009-2>
17. Morales-meléndez, R., Arroyo-ramírez, A., Autonoma, U., Antonio, A., & López-pérez, M. C. (2024). *Ascophyllum nodosum* y nitrato de calcio como bioestimulantes en el desarrollo y rendimiento de cultivo de tomate. 8. <file:///C:/Users/PC/Downloads/Dialnet-AscophyllumNodosumYNitratoDeCalcioComoBioestimulan-9430071.pdf>
18. Paredes, G. D. P. (2015). Efecto de dos niveles de nitrógeno en el rendimiento de *Lactuca sativa* L. Var. *Crispa* cv. *Great lakes* en sistema hidropónico en Santiago de Chuco – La Libertad [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/efc49c60-f4ea-4907-a0b3-7fa9a4658c02/content>
19. Prado, A. K. (2018). Efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de *Lactuca sativa* L. “lechuga”, en cultivo hidropónico, Ayacucho - 2017 [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. En *Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga*. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2849>
20. REPSOL. (2023). Claves para un futuro más sostenible. [https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/cultivos-hidroponicos/index.cshtml#:~:text=Los cultivos hidropónicos son un,prácticas para la agricultura actual.](https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/cultivos-hidroponicos/index.cshtml#:~:text=Los%20cultivos%20hidrop%C3%B3nicos%20son%20un,pr%C3%A1cticas%20para%20la%20agricultura%20actual.)
21. Roque O. (2019). Requerimientos térmicos de las fases fenológicas de dos variedades de amaranto (*Amaranthus caudatus* L): precoz tardía en Ayacucho. *Selva Andina Bioshp*.7(1), http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592019000100003
22. S&P. (2024). Humedad relativa, específica y absoluta. <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/humedad-relativa-especifica-absoluta/>
23. Salazar, H. L. A. (2019). Efecto en el rendimiento y calidad del cultivo

- hidropónico de *Lactuca Sativa L.* tratadas con solución de algas marinas [Tesis de grado, Universidad Nacional Federico Villareal]. https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/4113/SALAZAR_HUARI_LUIS_ANGEL_-_TITULO_PROFESIONAL_.pdf?sequence=1
24. Sanchez, M. K. A. (2022). Efecto de la aplicación de tres niveles de citoquininas en el desarrollo y rendimiento productivo del cultivo hidropónico de berro (*Nasturtium officinale*) en el centro experimental de Cota Cota. [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/34295/PG-8566.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 25. Sembralia. (2021). Nitrato de calcio en la agricultura. Descubre sus usos, funciones y características. Modos de aplicación y ventajas de su uso. <https://sembralia.com/blogs/blog/nitrato-de-calcio#:~:text=Funciones del calcio en las,óptima calidad de la fruta.>
 26. Siñani, M. L. (2017). Evaluación agronómica de dos variedades de berro (*Nasturtium officinale R. Br. Y Lepidium sativum*) en cultivo sin suelo en el centro experimental de Cota – Cota. [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/15324/T-2478.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 27. Soto-Bravo, F., Araya Cubero, E. A., & Echandi Gurdian, C. (2019). Efecto de la densidad de siembra y volumen de sustrato sobre parámetros de riego y rendimiento de chile dulce 'Dulcítico', en hidroponía bajo invernadero. *Agronomía Costarricense*, 44(1), 43-64. <https://doi.org/10.15517/rac.v44i1.40001>
 28. Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Fisiología y desarrollo de las plantas* (6.ª ed.). Sinauer Associates. <https://www.oup.com.au/books/higher-education/science/9781605352558-plant-physiology-and-development>.
 29. Valencia, M. (Hydro environment). (2024). ¿Qué es el sistema hidropónico NFT? Disponible en <https://hydroenv.com.mx/id101/>
 30. Voutsina, N., Payne, A. C., Hancock, R. D., Clarkson, G. J. J., Rothwell, S. D., Chapman, M. A., & Taylor, G. (2016). Characterization of the watercress (*Nasturtium officinale R. Br.*; Brassicaceae) transcriptome using RNASeq and identification of candidate genes for important phytonutrient traits linked to human health. *BMC Genomics*, 17(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12864-016-2704-4>
 31. White, P. J., & Broadley, M. R. (2003). *Calcio en las plantas. Annals of Botany*, 92(4), 487–511. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg164>
 32. Zaragoza, V. J. (2024). Berros: propiedades, beneficios y valor nutricional. <https://okdiario.com/metabolico/dietetica/alimentos/berros-1142/>
 33. Zárate, A. M. A. (2014). Manual de hidroponía. 42. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual_de_hidroponia.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Pruebas de normalidad para las concentraciones de Ca (NO₃)₂ en el rendimiento de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro” en cultivo hidropónico, Huamanga - Ayacucho 2021.

Concentración de Ca (NO ₃) ₂	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tratamiento testigo con 0.00%	,194	240	,000	,836	240	,000
Tratamiento control con 0.05%	,194	240	,000	,836	240	,000
Tratamiento con 0.04%	,284	240	,000	,792	240	,000
Tratamiento con 0.06%	,215	240	,000	,840	240	,000
Tratamiento con 0.08%	0,294	240	,000	,761	240	,000

Anexo 2. Pruebas de normalidad para la altura de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro” en cultivo hidropónico, Huamanga - Ayacucho 2021.

Concentración de Ca (NO ₃) ₂	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tratamiento testigo con 0.00%	,092	60	,200	,972	60	,186
Tratamiento control con 0.05%	,103	60	,181	,977	60	,305
Tratamiento con 0.04%	,102	60	,189	,972	60	,178
Tratamiento con 0.06%	,071	60	,200	,984	60	,610
Tratamiento con 0.08%	,152	60	,001	,967	60	,105

Anexo 3. Pruebas de normalidad del peso fresco de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro” en cultivo hidropónico, Huamanga - Ayacucho 2021.

Concentración de Ca (NO ₃) ₂	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tratamiento testigo con 0.00%	,077	60	,200	,975	60	,253
Tratamiento control con 0.05%	,512	60	,000	,254	60	,000

Tratamiento con 0.04%	,486	60	,000	,143	60	,000
Tratamiento con 0.06%	,107	60	,085	,974	60	,234
Tratamiento con 0.08%	,171	60	,000	,951	60	,017

Anexo 4. Pruebas de normalidad del peso seco de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro” en cultivo hidropónico, Huamanga - Ayacucho 2021.

Concentración de Ca (NO ₃) ₂	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Tratamiento testigo con 0.00%	,135	60	,009	,946	60	,010
Tratamiento control con 0.05%	,100	60	,200	,980	60	,439
Tratamiento con 0.04%	,100	60	,200	,964	60	,071
Tratamiento con 0.06%	,072	60	,200	,965	60	,087
Tratamiento con 0.08%	,107	60	,086	,965	60	,084

Anexo 5. Estadística descriptiva para la temperatura del ambiente medida en °C donde se desarrolló el cultivo hidropónico de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021.

Variable	Hora	Media	Desv. Estándar	Varianza	Coef. de variación	Valor mínimo	Valor máximo
Temperatura	9:00 a.m.	15,7	1,05291	1,109	6.7	14,00	17,30
	12:00 p.m.	23,4	,98160	,964	4.2	21,30	24,90
	3:00 p.m.	26,7	1,76738	3,124	6.6	22,60	30,20

Anexo 6. Estadística descriptiva de la temperatura de solución medida en °C para la conductibilidad eléctrica (dS/m) y pH de la solución hidropónica de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021.

Variable	Media	Desv. estándar	Varianza	Coef. de variación	Valor mínimo	Valor máximo
T. S.	22,59	2,986	8,918	13,2	16,90	26,80
C. E.	6,09	,829	,688	13,6	5,10	7,40
pH	1,97	,041	,002	2,1	1,91	2,04

Anexo 7. Estadística descriptiva para la altura del cultivo hidropónico de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021.

Conc. de Ca(NO ₃) ₂	N	Media	Desv. estándar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Tratamiento testigo con 0.00%	60	73,9103	13,28833	50,20	52,763	74,4030	96,043	105,17
Tratamiento control con 0.05%	60	73,2892	10,33345	49,20	60,377	75,2975	90,217	94,92
Tratamiento con 0.04%	60	75,0184	12,60367	51,26	17,682	72,7220	127,76	106,30
Tratamiento con 0.06%	60	74,1206	13,90495	42,85	13,331	72,0915	130,85	101,62
Tratamiento con 0.08%	60	80,3369	8,46970	59,17	46,15	83,2900	120,43	96,31

Anexo 8. Estadística descriptiva para el peso fresco del cultivo hidropónico de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021.

Conc. de Ca(NO ₃) ₂	N	Media	Desv. estándar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Tratamiento testigo con 0.00%	60	221,336	75,77758	82,72	180,38	215,440	278,04	375,70
Tratamiento control con 0.05%	60	1810,00	6641,096	133,75	119,55	237,77	263,37	356,00
Tratamiento con 0.04%	60	479,950	1724,679	104,88	4603,2	265,555	910,16	13600,0
Tratamiento con 0.06%	60	257,969	90,14978	107,06	223,17	252,390	339,28	455,40
Tratamiento con 0.08%	60	273,406	59,82087	116,46	217,66	252,210	318,87	420,08

Anexo 09. Estadística descriptiva para el peso seco del cultivo hidropónico de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021.

Conc. de Ca(NO ₃) ₂	N	Media	Desv. estándar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Tratamiento testigo con 0.00%	60	9,9763	3,93008	4,13	9,1033	10,0600	14,076	19,05
Tratamiento control con 0.05%	60	15,5680	4,91812	5,63	13,016	15,2550	20,403	27,79
Tratamiento con 0.04%	60	15,5392	6,39527	4,50	13,683	16,5650	22,866	32,05
Tratamiento con 0.06%	60	15,2500	4,57544	7,04	13,366	14,7250	19,693	26,02
Tratamiento con 0.08%	60	17,3340	5,06142	9,01	15,980	16,5850	22,95	29,92

Anexo 10. Prueba de Kruskal-Wallis para altura del cultivo hidropónico de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021.

a. Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes

N total	300
Estadístico de prueba	15,743 ^a
Grado de libertad	4
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,003

b. Comparaciones por parejas de Concentración de Ca (NO₃)₂ %

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
.05-.00	4,700	15,838	,297	,767	1,000
.05-.06	-5,033	15,838	-,318	,751	1,000
.05-.04	7,308	15,838	,461	,644	1,000
.05-.08	-53,583	15,838	-3,383	,001	,007
.00-.06	-,333	15,838	-,021	,983	1,000
.00-.04	-2,608	15,838	-,165	,869	1,000
.00-.08	-48,883	15,838	-3,087	,002	,020
.06-.04	2,275	15,838	,144	,886	1,000
.06-.08	-48,550	15,838	-3,065	,002	,022
.04-.08	-46,275	15,838	-2,922	,003	,035

Anexo 11. Prueba de Kruskal-Wallis para peso fresco del cultivo hidropónico de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021

a. Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes

N total	300
Estadístico de prueba	14,062 ^a
Grado de libertad	4
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,007

b. Comparaciones por parejas de Concentracion de Ca (NO₃)₂ %

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
.00-.04	-36,317	15,838	-2,293	,022	,218
.00-.06	-36,667	15,838	-2,315	,021	,206
.00-.05	-40,500	15,838	-2,557	,011	,106
.00-.08	-57,517	15,838	-3,632	,000	,003
.04-.06	-,350	15,838	-,022	,982	1,000
.04-.05	-4,183	15,838	-,264	,792	1,000
.04-.08	-21,200	15,838	-1,339	,181	1,000
.06-.05	3,833	15,838	,242	,809	1,000
.06-.08	-20,850	15,838	-1,316	,188	1,000
.05-.08	-17,017	15,838	-1,074	,283	1,000

Anexo 12. Prueba de Kruskal-Wallis para peso seco del cultivo hidropónico de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021

a. Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes

N total	300
Estadístico de prueba	60,287 ^a
Grado de libertad	4
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000

b. Comparaciones por parejas de Concentracion de Ca (NO₃)₂ %

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
-------------------	-----------------------	-------------	-----------------------------	------	----------------------------

.00-.04	-84,133	15,837	-5,312	,000	,000
.00-.06	-84,700	15,837	-5,348	,000	,000
.00-.05	-88,933	15,837	-5,615	,000	,000
.00-.08	-114,567	15,837	-7,234	,000	,000
.04-.06	-,567	15,837	-,036	,971	1,000
.04-.05	-4,800	15,837	-,303	,762	1,000
.04-.08	-30,433	15,837	-1,922	,055	,547
.06-.05	4,233	15,837	,267	,789	1,000
.06-.08	-29,867	15,837	-1,886	,059	,593
.05-.08	-25,633	15,837	-1,619	,106	1,000

Anexo 13. Prueba de Kruskal-Wallis para Biomasa del cultivo hidropónico de *Nasturtium officinale* R. Br. "berro", Huamanga - Ayacucho 2021

a. Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes

N total	300
Estadístico de prueba	10,579 ^a
Grado de libertad	4
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,032

b. Comparaciones por parejas de Concentración de Ca (NO₃)₂ %

Sample 1- Sample 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
.00-.04	-30,567	15,838	-1,930	,054	,536
.00-.06	-31,467	15,838	-1,987	,047	,469
.00-.05	-35,150	15,838	-2,219	,026	,265
.00-.08	-49,983	15,838	-3,156	,002	,016
.04-.06	-,900	15,838	-,057	,955	1,000
.04-.05	-4,583	15,838	-,289	,772	1,000
.04-.08	-19,417	15,838	-1,226	,220	1,000
.06-.05	3,683	15,838	,233	,816	1,000
.06-.08	-18,517	15,838	-1,169	,242	1,000
.05-.08	-14,833	15,838	-,937	,349	1,000

Anexo 14. Prueba de Kruskal-Wallis para Rendimiento del cultivo hidropónico de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	
N total	300
Estadístico de prueba	6,461 ^{a,b}
Grado de libertad	4
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,167

a. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.

b. No se realizan múltiples comparaciones porque la prueba global no muestra diferencias significativas en las muestras.

Anexo 15. Promedio de altura de la planta por repetición del cultivo hidropónico de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021

Tratamientos	Repeticiones	Altura cm
Testigo (0.00 %)	R1	80.2089
Testigo (0.00 %)	R2	73.67925
Testigo (0.00 %)	R3	69.0228
Tratamiento 1 (0.04%)	R1	73.13745
Tratamiento 1 (0.04%)	R2	71.1419
Tratamiento 1 (0.04%)	R3	73.8557
Tratamiento control (0.05%)	R1	75.4377
Tratamiento control (0.05%)	R2	72.1026
Tratamiento control (0.05%)	R3	78.3072
Tratamiento 2 (0.006%)	R1	71.07785
Tratamiento 2 (0.006%)	R2	73.0682
Tratamiento 2 (0.006%)	R3	72.21365
Tratamiento 3 (0.08%)	R1	80.7152
Tratamiento 3 (0.08%)	R2	83.5297
Tratamiento 3 (0.08%)	R3	85.5657

Anexo 16. Promedio del peso fresco de la planta por repetición del cultivo hidropónico de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021

Tratamientos	Repeticiones	Peso fresco g
Testigo (0.00 %)	R1	220.2815
Testigo (0.00 %)	R2	221.2425

Testigo (0.00 %)	R3	195.786
Tratamiento 1 (0.04%)	R1	269.879
Tratamiento 1 (0.04%)	R2	256.7985
Tratamiento 1 (0.04%)	R3	264.6625
Tratamiento control (0.05%)	R1	265.008
Tratamiento control (0.05%)	R2	251.7805
Tratamiento control (0.05%)	R3	273.321
Tratamiento 2 (0.006%)	R1	201.56
Tratamiento 2 (0.006%)	R2	255.51
Tratamiento 2 (0.006%)	R3	300.037
Tratamiento 3 (0.08%)	R1	239.3135
Tratamiento 3 (0.08%)	R2	249.029
Tratamiento 3 (0.08%)	R3	267.866

Anexo 17. Promedio del peso seco de la planta por repetición del cultivo hidropónico de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021

Tratamientos	Repeticiones	Peso seco g
Testigo (0.00 %)	R1	11.052
Testigo (0.00 %)	R2	10.039
Testigo (0.00 %)	R3	9.028
Tratamiento 1 (0.04%)	R1	16.9705
Tratamiento 1 (0.04%)	R2	15.991
Tratamiento 1 (0.04%)	R3	16.916
Tratamiento control (0.05%)	R1	16.628
Tratamiento control (0.05%)	R2	15.61
Tratamiento control (0.05%)	R3	17.666
Tratamiento 2 (0.006%)	R1	12.678
Tratamiento 2 (0.006%)	R2	15.876
Tratamiento 2 (0.006%)	R3	15.504
Tratamiento 3 (0.08%)	R1	12.196
Tratamiento 3 (0.08%)	R2	17.004
Tratamiento 3 (0.08%)	R3	16.0835

Anexo 18. Promedio del rendimiento de la planta por repetición del cultivo hidropónico de *Nasturtium officinale* R. Br. “berro”, Huamanga - Ayacucho 2021

Tratamientos	Repeticiones	Rendimiento Kg/m ²
Testigo (0.00 %)	R1	2.497

Testigo (0.00 %)	R2	2.699
Testigo (0.00 %)	R3	3.177
Tratamiento 1 (0.04%)	R1	3.809
Tratamiento 1 (0.04%)	R2	3.422
Tratamiento 1 (0.04%)	R3	2.672
Tratamiento control (0.05%)	R1	3.584
Tratamiento control (0.05%)	R2	3.126
Tratamiento control (0.05%)	R3	3.134
Tratamiento 2 (0.006%)	R1	2.552
Tratamiento 2 (0.006%)	R2	2.811
Tratamiento 2 (0.006%)	R3	3.270
Tratamiento 3 (0.08%)	R1	3.115
Tratamiento 3 (0.08%)	R2	3.105
Tratamiento 3 (0.08%)	R3	3.206

Anexo 19. Panel fotográfico



Almacidado y germinación de semillas



Acondicionamiento del sistema hidropónico



Preparación de las concentraciones



Trasplante de plántulas



Control de conductividad eléctrica, pH y temperatura



Aplicación de nitrato de calcio por fertilización foliar



Medición de la altura de la planta



Evaluación del peso fresco



Evaluación del peso seco

Anexo 20. Matriz de consistencia


PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES INDICADORES	E	METODOLOGIA
¿Cuál es el efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. "berro" en cultivo hidropónico. Huamanga -Ayacucho 2021?	<p>OBJETIVO GENERAL Evaluar el efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. "berro" en cultivo hidropónico. Huamanga - Ayacucho 2021</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS -Determinar la altura de la planta de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. "berro" en cultivo hidropónico en tres concentraciones de nitrato de calcio. -Estimar el peso fresco y seco del follaje de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. "berro" en cultivo hidropónico en tres concentraciones de nitrato de calcio. -Comparar el rendimiento de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. "berro" con las diferentes concentraciones de nitrato de calcio.</p>	<p>2.3.1. Antecedentes 2.3.2. Marco conceptual 2.3.2.1. Origen y distribución del <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. "berro" 2.3.2.2. Descripción botánica 2.3.2.3. Clasificación taxonómica <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. "berro" 2.3.2.4. Morfología 2.3.2.5. Valor nutricional de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. "berro" 2.3.2.6. Propiedades y beneficios 2.3.2.7. Requerimientos nutricionales del cultivo de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. "berro" 2.3.2.8. Hidroponía 2.3.2.8.1. ventajas y desventajas 2.3.2.9. Soluciones nutritivas 2.3.2.10. Elementos de la solución nutritiva 2.3.2.11. soluciones nutritivas utilizadas en hidroponía 2.3.2.12. fertilización foliar</p>	Al menos una de las tres concentraciones de nitrato de calcio tiene efecto positivo en el rendimiento del <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. "berro" en cultivo hidropónico.	<p>a) Variable independiente a) nitrato de calcio Indicadores: concentración % T1: 0,04% T2: 0,06% T3: 0,08% TC: 0,05% Testigo: Sin aplicación</p> <p>b) Variable dependiente <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. "berro" Indicadores: rendimiento en kg b) Altura de la planta (cm) c) Peso fresco de la planta (g) d) Peso seco de la planta (g)</p>		<p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN Básica TIPO DE INVESTIGACIÓN Experimental POBLACIÓN: Estará compuesta 480 plantas de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. "berro" plantadas en el sistema NFT en la empresa HydroHuamanga SAC. Unidad experimental Estará compuesta por 60 plantas de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. "berro" por cada tratamiento. Muestra Estará compuesta por 300 plantas de <i>Nasturtium officinale</i> R. Br. "berro". DISEÑO ESTADÍSTICO Diseño de Completos al Azar (DCA) con cinco tratamientos. Se realizarán análisis de varianzas (ANOVA), y para datos no paramétricos Kruskal Wallis).</p>

**UNSCH**FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS****Bach. Yennifer HUAMAN SANTI****RESOLUCIÓN DECANAL N° 478-2025-UNSCH-FCB-D**


En la ciudad de Ayacucho, siendo las diez de la mañana del día lunes ventidos de diciembre del año dos mil veinticinco; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, participando como presidente el Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA; a su vez, Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO (Miembro-Jurado), el Dr. Walter Wilfredo OCHOA YUPANQUI (Miembro-Jurado) y Dr. Edwin PORTAL QUICAÑA (Miembro-Asesor), actuando como secretaria docente encargada la Mg. Silvia Yessica BERROSPI HUILLCA, con Memorando N° 306-2025-UNSCH-FCB, de fecha diez y nueve de diciembre del año dos mil veinticinco; para presenciar la sustentación de tesis titulada: Efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de (*Nasturtium officinale* R. Br). "berro" en cultivo hidropónico. Huamanga-Ayacucho 2021., por la **Bach. Yennifer HUAMAN SANTI**; el presidente luego de verificar la documentación presentada, indicó a la secretaria docente (e) dar lectura a la documentación generada que refrenda el presente acto académico, luego de ello dispuso el inicio del acto de sustentación, indicando al sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece en el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Culminada la exposición, el presidente invitó a cada uno de los Miembros del Jurado a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas al sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó a la sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones y calificaciones correspondientes; cuyos resultados son los que se consignan a continuación:

Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta/preguntas	Promedio
Dr. Walter Wilfredo OCHOA YUPANQUI	15	15	15
Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO	16	15	16
PROMEDIO			16


El sustentante alcanzó el promedio de 16 aprobatorio. Acto seguido, el presidente autorizó el ingreso del sustentante y el público al Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga dando a conocer los resultados e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las once y cincuenta de la mañana, del día 22 de diciembre del 2025; firmando al pie del presente en señal de conformidad.



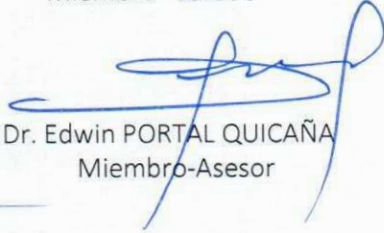
Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA
Presidente




Dr. Jesús DE LA CRUZ ARANGO
Miembro - Jurado



Dr. Walter Wilfredo OCHOA YUPANQUI
Miembro-Jurado



Dr. Edwin PORTAL QUICAÑA
Miembro-Asesor



Mg. Silvia Yessica BERROSPI HUILLCA
Secretaria Docente (e)



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA-ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

N°19-2026-FCB-D

Yo, FIDEL RODOLFO MUJICA LENGUA, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de (*Nasturtium officinale* R. Br) "berro" en cultivo hidropónico. Huamanga - Ayacucho 2021.**, por YENNIFER HUAMAN SANTI; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 3%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU.

En consecuencia, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 16 de mayo del 2026.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Escuela Profesional de Biología

Dr. Fidel R. Mujica Lengua
DIRECTOR

Efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de (*Nasturtium officinale* R. Br) “berro” en cultivo hidropónico. Huamanga - Ayacucho 2021.

por YENNIFER HUAMAN SANTI

Fecha de entrega: 15-may-2026 07:32p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2962336051

Nombre del archivo: d_HUAMAN_SANTI-Yennifer-pregrado-2026_TURNITIN_1.pdf (893.88K)

Total de palabras: 14038

Total de caracteres: 73407

Efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de (*Nasturtium officinale* R. Br) "berro" en cultivo hidropónico. Huamanga - Ayacucho 2021.

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%	3%	0%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.utb.edu.ec Fuente de Internet	1%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1%
3	agriculturers.com Fuente de Internet	<1%
4	riaa.uaem.mx Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1%
6	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
7	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo