

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de *Lactuca sativa* L. “lechuga”, en cultivo hidropónico, Ayacucho - 2017.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
BIÓLOGA EN LA ESPECIALIDAD DE MICROBIOLOGÍA

Presentado por la:  
Bach. PRADO ALLCCA, Karina

AYACUCHO – PERÚ  
2018



A mis padres Antonia, Jesús, y a  
mis hermanos, Acker y Arsel.



## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, *Alma máter* de nuestra región, en cuyas aulas recibí los conocimientos impartidos por los docentes que permitieron mi formación profesional.

A los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Biología, en especial a los docentes del Área Académica de Microbiología por haberme orientado y brindado sus conocimientos que contribuyeron en mi formación profesional y personal.

A Max Cárdenas Vivanco, propietario del Centro de Producción de Lechugas Hidropónicas – Ayacucho, por haberme brindado las instalaciones del módulo del sistema NFT para la realización de mi tesis.

Mi más profundo agradecimiento al Dr. Gilmar Peña Rojas, por su orientación y sabios consejos, que han permitido la elaboración y finalización de mi tesis.

A mi coasesor MSc. Reynán Cóndor Alarcón, por su apoyo incondicional en la parte estadística del trabajo.



## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXO	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco conceptual	8
2.2.1. Cultivo hidropónico	8
2.2.2. Lechuga	8
2.2.3. Rendimiento	8
2.2.4. Sistema NFT	8
2.2.5. Concentración	8
2.2.6. Conductividad eléctrica	8
2.2.7. Humedad relativa	9
2.3. Bases teóricas	9
2.3.1. Origen de la lechuga	9
2.3.2. Descripción botánica	9
2.3.3. Taxonomía	9
2.3.4. Morfología	10
2.3.5. Valor nutricional de la lechuga	11
2.3.6. Variedad Bohemia (lechuga crespada)	11
2.3.7. Hidroponía	11
2.3.8. Solución nutritiva	13
2.3.9. Elementos de la solución nutritiva	16
2.3.10. Nitrato de calcio	19
2.3.11. Fertilización foliar	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Ubicación de la zona de estudio	23

3.1.1. Ubicación política	23
3.1.2. Coordenadas proyectadas UTM	23
3.2. Población y unidad experimental	23
3.2.1. Población	23
3.2.2. Unidad experimental	23
3.2.3. Diseño experimental	23
3.2.4. Ambiente hidropónico	24
3.3. Procedimiento y recolección de datos	25
3.3.1. Almácigo	25
3.3.2. Trasplante	25
3.3.3. Riego	25
3.3.4. Preparación de solución foliar de nitrato de calcio	27
3.3.5. Aplicación de nitrato de calcio por fertilización foliar	27
3.3.6. Registro de conductividad eléctrica, pH y temperatura de solución	28
3.3.7. Registro de la temperatura y humedad relativa del ambiente	28
3.3.8. Recolección de datos	28
3.3.9. Cosecha	28
3.4. Análisis estadístico	29
IV. RESULTADOS	31
V. DISCUSIÓN	41
VI. CONCLUSIONES	47
VII. RECOMENDACIONES	49
VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	51
ANEXO	55



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación taxonómica de la lechuga	10
Tabla 2. Composición del valor nutricional de la lechuga	11
Tabla 3. Composición de la solución concentrada A según la Universidad La Molina	14
Tabla 4. Composición de la solución concentrada B según la Universidad La Molina	14
Tabla 5. Solución concentrada de micronutrientes según la Universidad La Molina	14
Tabla 6. Distribución del tratamiento de acuerdo al sistema NFT	24
Tabla 7. Formula de solución nutritiva para cultivo de Lechuga	26



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Gráfica en cajas con bigotes, muestra el promedio del peso fresco (g) de lechuga hidropónica fertilizada foliarmente con cinco concentraciones de nitrato de calcio, Ayacucho, 2017	33
Figura 2. Gráfica en cajas con bigotes, muestra el promedio de la altura (cm) de lechuga hidropónica fertilizada foliarmente con cinco concentraciones de nitrato de calcio, Ayacucho, 2017	34
Figura 3. Gráfica en cajas con bigotes, muestra el promedio de número de hojas de lechuga hidropónica fertilizada foliarmente con cinco concentraciones de nitrato de calcio, Ayacucho, 2017	35
Figura 4. Gráfica en cajas con bigotes, muestra el promedio del largo de hoja (cm) de lechuga hidropónica fertilizada foliarmente con cinco concentraciones de nitrato de calcio, Ayacucho, 2017	36
Figura 5. Gráfica en cajas con bigotes, muestra el promedio del ancho (cm) de hoja de lechuga hidropónica fertilizada foliarmente con cinco concentraciones de nitrato de calcio, Ayacucho, 2017	37
Figura 6. Gráfica en cajas con bigotes, muestra el promedio del tamaño de raíz (cm) de lechuga hidropónica fertilizada foliarmente con cinco concentraciones de nitrato de calcio, Ayacucho, 2017	38
Figura 7. Medianas de rendimiento (Kg/m <sup>2</sup> ) de lechuga en cultivo hidropónico con diferentes concentraciones de nitrato de calcio, prueba de Friedman ( $\alpha=0,05$ ). Centro de producción de lechugas hidropónicas. Ayacucho, 2017	39



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Análisis de varianza de la mortalidad (%) de lechuga en cultivo hidropónico con diferentes concentraciones de nitrato de calcio, Ayacucho, 2017	57
Anexo 2. Estadística descriptiva para temperatura (°C) del ambiente donde se desarrolló el cultivo hidropónico en el sistema NFT. Centro de producción de lechugas hidropónicas. Ayacucho, 2017	57
Anexo 3. Estadística descriptiva para humedad relativa (%) del ambiente, en cultivo hidropónico en sistema NFT. Centro de producción de lechugas hidropónicas. Ayacucho, 2017	57
Anexo 4. Estadística descriptiva para temperatura (°C), conductibilidad eléctrica (dS/m) y pH de la solución hidropónica en sistema NFT. Centro de producción de lechugas hidropónicas. Ayacucho, 2017	57
Anexo 5. Estadística descriptiva para peso fresco (g) de lechuga desarrollado en cultivo hidropónico, tratadas con nitrato de calcio, Ayacucho 2017	58
Anexo 6. Análisis de varianza para peso fresco de lechuga hidropónica, en sistema NFT. Ayacucho 2017	58
Anexo 7. Estadística descriptiva para altura (cm) de lechuga desarrollada en cultivo hidropónico, tratada con nitrato de calcio. Ayacucho 2017	58
Anexo 8. Análisis de varianza para altura de lechuga hidropónica, en sistema NFT, Ayacucho 2017	59
Anexo 9. Estadística descriptiva para número de hojas de lechuga desarrollada en cultivo hidropónico, tratadas con nitrato de calcio. Ayacucho 2017	59
Anexo 10. Análisis de varianza para número de hojas de lechuga hidropónica, en sistema NFT, Ayacucho 2017	59
Anexo 11. Estadística descriptiva para ancho de hoja (cm) de lechuga desarrollado en cultivo hidropónico, tratadas con nitrato de calcio. Ayacucho 2017	59
Anexo 12. Análisis de varianza para ancho de hoja de lechuga	60

	hidropónica, en sistema NFT, Ayacucho 2017	
Anexo 13.	Estadística descriptiva para largo de hoja (cm) de lechuga desarrollada en cultivo hidropónico, tratada con nitrato de calcio. Ayacucho 2017	60
Anexo 14.	Análisis de varianza para largo de hoja de lechuga cultivada en cultivo hidropónico, en sistema NFT, Ayacucho 2017	60
Anexo 15.	Estadística descriptiva para tamaño de raíz (cm) de lechuga desarrollado en cultivo hidropónico en el sistema NFT, tratadas con nitrato de calcio, Ayacucho 2017	60
Anexo 16.	Análisis de varianza para tamaño de raíz de lechuga hidropónica, en sistema NFT, Ayacucho 2017	61
Anexo 17.	Prueba de Friedman para rendimiento de lechuga cultivada en cultivo hidropónico, en sistema NFT, Ayacucho 2017	61
Anexo 18.	Pruebas de normalidad de los parámetros evaluados	61
Anexo 19.	Obtención de plántulas de <i>Lactuca sativa</i> "lechuga" de la variedad bohemia. Centro de producción de lechugas hidropónicas. Ayacucho del 2017	63
Anexo 20.	Trasplante de lechugas al sistema NFT. Centro de producción de lechugas hidropónicas. Ayacucho del 2017	64
Anexo 21.	Colocación de cintas para identificar las lechugas que fueron tratadas con diferentes concentraciones de nitrato de calcio en el sistema NFT. Centro de producción de lechugas hidropónicas. Ayacucho del 2017	65
Anexo 22.	Aplicación de nitrato de calcio en lechugas hidropónicas. Centro de producción de lechugas hidropónicas. Ayacucho del 2017	66
Anexo 23.	Evaluación de parámetros de lechugas hidropónica en diferentes concentraciones de nitrato de calcio. Ayacucho del 2017	67
Anexo 24.	Diseño y Distribución de las plántulas en el sistema NFT. Centro de producción de lechugas hidropónicas. Ayacucho 2017	68
Anexo 25.	Matriz de consistencia	69

## RESUMEN

La lechuga es la más importante del grupo de las hortalizas que se consumen crudas en ensaladas, por su importancia en el contenido de minerales, vitaminas y bajo en calorías. La población ayacuchana consume las lechugas provenientes del valle de Muyurina, Chacco y Totorá las cuales son cultivadas de manera tradicional y son regadas con agua de ríos donde se vierten agua residual tratada; esta situación no garantiza la obtención de lechugas libre de patógenos. El sistema de producción de cultivos hidropónicos es una alternativa para garantizar la calidad sanitaria de las lechugas. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de *Lactuca sativa* L. "lechuga", en cultivo hidropónico. El presente trabajo experimental se realizó en el Centro de Producción de lechugas hidropónicas – Ayacucho, cuyas coordenadas UTM WGS84 Este: 584463,88; Norte: 8549726,24; Altitud: 2872 msnm. El cultivo hidropónico se realizó bajo el sistema (NFT) técnica de película de nutrientes, utilizando los siguientes tratamientos: tratamiento 1, tratamiento 2, tratamiento 3, tratamiento control y tratamiento testigo (0,04%; 0,06%; 0,08%; 0,05% y 0,00% de nitrato de calcio) respectivamente, en el rendimiento de lechuga. Para la ejecución de la investigación se empleó un módulo con sistema NFT, que estuvo constituido por 14 tubos de PVC (bloques), con una superficie de producción total de 42 m<sup>2</sup> y una densidad de 630 plántulas de lechuga. La distribución de los tratamientos en el sistema NFT, se realizó bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con cinco tratamientos y 14 réplicas. En la cosecha se evaluaron en total 70 lechugas por cada tratamiento, su peso fresco, altura, número de hojas, largo y ancho de la hoja y tamaño de raíces y para el rendimiento se evaluó 15 lechugas por m<sup>2</sup> y expresarlo en kg/m<sup>2</sup>. Los resultados del análisis estadísticos, se observa que el tratamiento 3 a una concentración de 0,08% de nitrato de calcio, mostraron medianas más altas con 2,78 kg/m<sup>2</sup> siendo significativamente diferente al resto de los tratamientos, mientras que el tratamiento testigo mostro el menor rendimiento de lechugas con 2,56 kg/m<sup>2</sup>. En conclusión el calcio en los cultivos desempeña un papel fundamental en su desarrollo, es necesario en el fortalecimiento estructural de las paredes y la elasticidad del tejido vegetal para obtener plantas sanas.

**Palabras clave:** Cultivo hidropónico, NFT, rendimiento, concentración.





## I. INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca sativa L.*) es una hortaliza de importancia económica y de alto consumo a nivel nacional, razón por la cual, se realizan diversas investigaciones que permitan su producción óptima con un aprovechamiento eficiente en espacios reducidos tanto en áreas rurales como urbanas. Existen diferentes estrategias de producción de esta hortaliza, sin embargo, la tecnología de producción en cultivos hidropónicos es la más eficiente para garantizar la calidad sanitaria de las lechugas. El sistema NFT es una tecnología que se caracteriza por no usar tierra, permite la obtención de plantas en menor tiempo, ahorro en mano de obra y ahorro de insumos (agua, espacio y nutrientes). Esta técnica de cultivo ofrece ventajas atractivas para discapacitados, adultos mayores, escolares, personas de bajos recursos y para estudios de nutrición vegetal <sup>1</sup>.

Desde hace décadas la población ayacuchana consume lechugas que llegan a los mercados de Ayacucho provenientes del valle de Muyurina, Chacco y Totorá, las cuales se consumen crudas y que son regadas con agua de ríos a los que se vierten agua residual tratada; las cuales contienen altos niveles de coliformes fecales y otros microorganismos perjudiciales, que se adhieren al vegetal provocando que la hortaliza sea inadecuada para el consumo humano por las consecuencias para la salud pública. Por las consideraciones señaladas, se planteó la obtención de lechugas en sistema hidropónico con los requerimientos nutricionales, especialmente del nitrato de calcio que está relacionado con desórdenes en cultivos hortícolas como quemadura de puntas en lechuga, que está relacionada con desórdenes en la fisiología de la planta afectada.

El calcio es esencial para la formación de paredes celulares y desarrollo de tejidos de hojas y frutos fuertes, y una carencia de este elemento llevará rápidamente a la muerte del tejido, tales como los desórdenes de quemadura de puntas y pudrición apical. El calcio juega un rol importante en mantener la

integridad de las membranas celulares de la planta y actúa en la formación de péctato de calcio, como un tipo de agente cementante en paredes celulares, si no se provee suficiente calcio durante la formación celular, la estructura del tejido llega a ser menos estable y más propensa a la desintegración <sup>2</sup>.

Con el presente trabajo de investigación se pretende evaluar el efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio sobre el rendimiento de “lechuga” en la variedad bohemia, lechuga crespa en el Centro de Producción de lechugas hidropónicas del AA.HH. Mollepata, Ayacucho, con la finalidad de garantizar la calidad sanitaria de las lechugas para contribuir la mejora de la calidad de vida de las personas.

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de *Lactuca sativa* L. “lechuga”, en cultivo hidropónico.

### **Objetivos específicos**

1. Determinar el peso fresco de *Lactuca sativa* L. “lechuga”, en cultivo hidropónico en tres concentraciones de nitrato de calcio.
2. Determinar la altura de *Lactuca sativa* L. “lechuga”, en cultivo hidropónico, en tres concentraciones de nitrato de calcio.
3. Determinar el número de hojas de *Lactuca sativa* L. “lechuga”, en cultivo hidropónico, en tres concentraciones de nitrato de calcio.
4. Determinar el largo y ancho de las hojas de *Lactuca sativa* L. “lechuga”, en cultivo hidropónico, en tres concentraciones de nitrato de calcio.
5. Determinar el tamaño de raíz de *Lactuca sativa* L. “lechuga”, en cultivo hidropónico, en tres concentraciones de nitrato de calcio.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

De acuerdo a la información hallada respecto al problema planteado, se encontró los siguientes trabajos de investigación que se detallan a continuación: Paz <sup>3</sup>, evaluó el efecto de tres dosis de fitohormona y fertilizante foliar (calcio-boro) en el cultivo de chile pimiento (*Capsicum frutescens*); que fue realizada en la Aldea Llano Verde municipio de Río Hondo, departamento de Zacapa. Se utilizaron los siguientes tratamientos: dosis de fitohormona reguladora de crecimiento (Biogib\* 10%), 10 g/barril (200 L de agua), 15 g/barril (200 L de agua), 20 g/barril (200 L de agua). Aplicación de fertilizante foliar (calcio-boro), (1,2 L/barril de 200 L de agua) y el otro sin fertilizante de (calcio – boro). Las variables evaluadas fueron: rendimiento, tamaño y calidad del fruto (consistencia y longevidad en anaquel) garantizando con ello una mejor rentabilidad reflejado en el análisis económico. Indica que el tratamiento de 20g de fitohormona con calcio-boro fue superior a los demás tratamientos, el cual presentó un rendimiento de 36 384,50 kg/ha, mientras el tratamiento testigo presentó un rendimiento menor con 24 723,25 kg/ha. <sup>3</sup> Referente al tamaño las dimensiones físicas de los frutos del chile pimiento, por las cuales tiene mayor volumen y preferencias, clasificándolos en primera (>14 cm), segunda (12-14 cm) y tercera (<12 cm). El tratamiento de 20 g de fitohormona con calcio-boro fue superior a los demás tratamientos, el cual presentó un rendimiento de 856,00 cajas de Primera/ha, lo que equivale al 64% del rendimiento total de cajas/ha. El tratamiento de 0 g sin calcio - boro (Testigo) fue superior a los demás tratamientos, el cual presentó un rendimiento de 358,75 cajas de Tercera/ha. Lo que equivales al 40% del rendimiento total de cajas/ha, y el tratamiento que produjo menos cantidad de cajas de tercera/ha fue el de 20 g, de fitohormona con Calcio Boro siendo la producción de éste de 90,00 cajas de tercera/ha equivalente a 7% del rendimiento total de cajas/ha, por lo que finalmente se

recomienda utilizar 20 g de fitohormona con 1,2 L de calcio-boro por 200 L de agua.<sup>3</sup>

Rojas<sup>4</sup>, investigó el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad Great Lakes 659 con la aplicación de fosfonato de calcio en el Distrito Lamas, Provincia de Lamas, Región San Martín. Los tratamientos estudiados fueron cuatro dosis de fosfonato de calcio, con cuatro repeticiones con un total de 20 unidades experimentales, la ejecución del experimento se llevó a cabo entre los meses de agosto del 2013 hasta setiembre del 2013. Utilizando para dicho experimento semillas de lechuga variedad Great Lakes 659, Tratamientos, T0: Sin aplicación, T1: 0,25 Kg/ha fosfonato de calcio, T2: 0,50 Kg/ha fosfonato de calcio, T3:0,75 Kg/ha fosfonato de calcio, T4: 1,00 Kg/ha fosfonato de calcio.<sup>4</sup>

La prueba múltiple de Duncan ( $P>0,05$ ) para los promedios ordenados de menor a mayor, contrariamente al análisis de varianza, si detectó diferencias significativas entre tratamientos. El tratamiento T4 (1 Kg/ha de fosfonato de Ca) obtuvo el promedio más alto con 26,3 cm de altura de planta siendo estadísticamente igual a los tratamientos T3 (0,75 Kg/ha de fosfonato de Ca) y T2 (0,5 Kg/ha de fosfonato de Ca) quienes obtuvieron promedios de 24,4 cm y 23,4 cm de altura de planta respectivamente. El tratamiento T4 (1 kg/ha de fosfonato de Ca) superó estadísticamente a los tratamientos T1 (0,25 kg/ha de fosfonato de Ca) y T0 (testigo) quienes obtuvieron los promedios más bajos con 22, 1 cm y 21, 1 cm de altura de planta respectivamente.<sup>4</sup>

El tratamiento T4 (1 kg/ha de fosfonato de Ca) obtuvo el promedio más alto con 16,4 hojas por planta superando estadísticamente a los promedios de los demás tratamientos, seguido del T3 (0,75 Kg/ha de fosfonato de Ca), T2 (0,5 Kg/ha de fosfonato de Ca), T1 (0,25 Kg/ha de fosfonato de Ca) y T0 (testigo) quienes obtuvieron promedios de 14,6 hojas, 12,7 hojas, 10,5 hojas y 7,4 hojas por planta respectivamente. La prueba múltiple de Duncan ( $P>0,05$ ) para los promedios ordenados de menor a mayor también detectó diferencias significativas entre tratamientos. El tratamiento T4 (1 Kg/ha de fosfonato de Ca) obtuvo el promedio más alto con 171,4 g de peso de la planta, superando estadísticamente a los promedios obtenidos por los tratamientos T3 (0,75 Kg/ha de fosfonato de Ca), T2 (0,5 Kg/ha de fosfonato de Ca), T1 (0,25 Kg/ha de fosfonato de Ca) y T0 (testigo) quienes obtuvieron promedios 155,8 g; 124,7 g; 84,3 g y 68,3 g de peso de la planta respectivamente. El tratamiento T4 (1 Kg/ha de fosfonato de Ca) obtuvo el promedio más alto de rendimiento con 42 856,25

Kg/ha, superando estadísticamente a los promedios obtenidos por los tratamientos T3 (0,75 Kg/ha de fosfonato de Ca), T2 (0,5 Kg/ha de fosfonato de Ca), T1 (0,25 Kg/ha de fosfonato de Ca) y T0 (testigo) quienes obtuvieron promedios 38 950,00 Kg/ha, 31 181,25 Kg/ha, 21 062,50 Kg/ha, 17 081,25 Kg/ha respectivamente.<sup>4</sup>

Casierra et al.<sup>5</sup> investigó la Influencia del ácido giberélico y del nitrato de calcio sobre la duración poscosecha de frutos de fresa (*Fragaria sp.*) Este ensayo se realizó en Tuta, Colombia, población ampliamente reconocida por ser productora de fresa, Los tratamientos consistieron en la aplicación foliar de las soluciones acuáticas del ácido (Pro-gibb®, Bayer CropScience) en concentraciones de 0, 500, 1500 y 3000 mg/ L y nitrato de calcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , Merck) en concentraciones de 0, 50, 150 y 200 mg/ L.<sup>5</sup>

Los frutos tratados con ácido giberélico duraron 11,6% más tiempo en referencia con los frutos de las plantas control, mientras aquellos tratados con nitrato de calcio tuvieron 16,4% más tiempo en poscosecha, en comparación con los controles. En cuanto al ácido giberélico, en concentración ascendente, los frutos duraron 10,3; 14,8 y 17,0% más tiempo que los frutos de las plantas control. En lo relacionado con la significancia de la interacción de los tres factores, sólo se presentó diferencia altamente significativa para la interacción cultivar producto ( $P \leq 0,01$ ).<sup>5</sup>

El calcio contribuye a unir las sustancias pécticas en las paredes celulares. Las implicaciones poscosecha de un buen suministro de calcio radican en que altos contenidos de calcio en los frutos causan una reducción en la tasa de maduración, respiración, producción de etileno y ablandamiento de los frutos. El calcio se absorbe principalmente a través de los tejidos jóvenes de los ápices radicales y se transloca a través del torrente de transpiración por tanto, aplicaciones precosecha con productos al suelo que contengan calcio tienen como consecuencia un mejoramiento en el comportamiento poscosecha y en la calidad de frutos en fresa. En el ensayo, las aplicaciones se realizaron vía foliar, con lo cual fue también posible mejorar parcialmente su comportamiento en poscosecha, a pesar de la condición de inmovilidad del elemento cuando es aplicado a los tejidos aéreos, aplicaciones de cloruro de calcio reducen la maduración y el desarrollo de hongos en poscosecha e incrementan la firmeza del fruto durante la cosecha y la poscosecha, por otro lado, se encontró un efecto favorable de aplicaciones foliares de calcio sobre la calidad de la fruta.<sup>5</sup>

Martínez et al.,<sup>6</sup> investigaron el efecto del nitrato de calcio y sustratos en el rendimiento del tomate, el estudio se realizó durante los meses de junio a noviembre de 2011, en un invernadero del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, en la localidad de Nazareno, Xoxocotlán, México, se evaluó el rendimiento y la calidad de tres híbridos de tomate (Aníbal, Cid y Sun 7705) en dos sustratos (arena y suelo), irrigadas con solución universal de Steiner con variación del nitrato de calcio  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  en seis niveles (0,35; 1,06; 1,41; 1,77; 2,12 y 2,47 g/L). Menciona que las plantas que crecieron en macetas con suelo mostraron significativamente (Tukey,  $p \leq 0,05$ ) un mayor rendimiento de frutos (9.39%) respecto a las plantas que crecieron en arena. Los híbridos Aníbal y Cid produjeron 2937 y 2725 g/planta, respectivamente (valores no significativos entre dichos híbridos, Tukey,  $p \leq 0,05$ ). El rendimiento del híbrido Anibal fue 16,8% significativamente mayor que el híbrido Sun 7705; diversos autores.<sup>6</sup>

En cuanto al efecto de la concentración de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , las plantas que recibieron 1,0623 g/L de esta sal, mostraron significativamente (Tukey,  $p \leq 0,05$ ) la mayor producción de frutos (3116,5 g/planta); mientras que las plantas fertirrigadas con cantidades mayores a ésta dosis, tuvieron rendimientos decrecientes a medida que se incrementó dicho fertilizante. Esto es, las plantas que recibieron concentraciones de 125, 150, 175 y 200% de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  mostraron rendimientos de 7,42; 12,41; 17,17 y 22,23%, menores que las plantas que recibieron la solución nutritiva al 100% de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , respectivamente.<sup>6</sup>

Parra et al.<sup>7</sup> realizaron dos estudios en instalaciones tipo casa sombra en el valle de Culiacán, Sinaloa, México, para conocer los efectos de la concentración de Ca, del potencial osmótico de la solución nutritiva y su interacción sobre número de frutos con pudrición apical (NFBER), el contenido de nutrientes y el rendimiento de frutos de dos híbridos de tomate, B-52 tipo bola y Aníbal tipo saladette. En el experimento uno se evaluó nueve tratamientos resultantes de la combinación de variar la concentración de Ca (4,5; 6,75 y 9,0 meq/L) y el potencial osmótico (-0,0147; -0,072 y -0,097 MPa) de la solución nutritiva. En el experimento dos se evaluaron otras concentraciones de Ca (7,9 y 11 meq meq/L) y diferentes potenciales osmóticos (- 0,036; - 0,048 y - 0,072 MPa). En el experimento uno el incremento de Ca en la solución disminuyó significativamente el número de frutos con pudrición apical, mientras que niveles decrecientes de potencial osmótico lo aumentaron. En el experimento dos los frutos con pudrición

apical tuvieron contenidos significativamente menores de Ca y P y mayores de Mg, comparados con los frutos sin pudrición apical.<sup>7</sup>

Bouzo<sup>8</sup> et al., evaluaron el efecto de la aplicación foliar de calcio sobre algunos atributos de calidad en frutos de melón, fueron realizados en cinco localidades en la región central de la Argentina (Colón, Coronda, Ángel Gallardo, Esperanza y Media Agua) durante el período 2009-2010. Se emplearon fertilizantes foliares de calcio, las soluciones cálcicas fueron aplicadas en cinco oportunidades, desde el inicio de la fructificación, con una frecuencia semanal entre aplicaciones. Los tratamientos fueron: i) testigo sin fertilizar; ii) nitrato de calcio (3 g/ L); iii) EDTA Cálcico Amónico (5 cm<sup>3</sup>/L) y calcio orgánico (40 cm<sup>3</sup>/L).<sup>8</sup>

Las mediciones realizadas en los frutos luego de la cosecha fueron: Firmeza Interna (IF) y Externa (EF) (kg), Concentración de Sólidos Solubles (SSC) (%), Peso de los Frutos (W) (kg) y concentración de calcio en la corteza y pulpa (%). Excepto para Media Agua. Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación fueron los siguientes: la aplicación de nitrato de calcio permitió obtener, en promedio, incrementos de la IF y EF de 40% y 60% respectivamente, en comparación con el tratamiento testigo.<sup>8</sup>

Los tratamientos con soluciones cálcicas no incrementaron la concentración de sólidos solubles y peso de los frutos. A excepción de Media Agua, en las otras localidades se incrementó el contenido de calcio en la corteza. Estos resultados indicarían que el uso de fertilizantes cálcicos foliares puede mejorar la calidad de los frutos de melón, aunque dependiendo de las condiciones ambientales de la localidad. Llevó a un incremento de la firmeza externa (EF). Sin embargo, en Media Agua no se observaron diferencias entre el efecto de las soluciones de calcio (Calcinit y Ca) en comparación con el tratamiento control. La firmeza interna (IF) se modificó por el uso de fertilizantes, pero los resultados no fueron similares en todas las localidades, además, la eficacia de ciertos tratamientos para aumentar la IF no fue la misma para todas las localidades. Por ejemplo, el uso de Ca no causó un aumento de la IF en Ángel Gallardo mientras que Calcinit incrementó los valores de IF en todos los casos. La aplicación de calcio en poscosecha en algunas frutas y hortalizas ha servido para mantener la firmeza mediante la formación de puentes iónicos entre el calcio y los grupos carboxílicos libres de ácido galacturónico residuos presentes en pectinas.<sup>8</sup>

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Cultivo hidropónico**

Cultivos hidropónicos o hidroponía es una técnica del cultivo de las plantas sin utilizar el suelo, usando un medio inerte, al cual se añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales vitales por la planta para su normal desarrollo. Mediante esta técnica se producen plantas principalmente de tipo herbáceo, aprovechando sitios o áreas no convencionales, sin perder de vistas las necesidades de las plantas, como luz, temperatura, agua y nutrientes. En el sistema hidropónico los elementos minerales esenciales son aportados por la solución nutritiva.<sup>9</sup>

### **2.2.2. Lechuga**

La lechuga es una hortaliza formada por grandes hojas que se disponen unas sobre otras formando en algunos casos un repollo luego posteriormente hojas sueltas, la lechuga se consume cruda, frescas con textura crocantes y formando parte de ensaladas como complemento de otros alimentos.<sup>10</sup>

### **2.2.3. Rendimiento**

Es la proporción que surge entre los medios empleados para obtener algo y el resultado que se consigue. Fruto o utilidad de una cosa en relación con lo que cuesta, con lo que gasta, con lo que en ello se ha invertido.<sup>11</sup>

### **2.2.4. Sistema NFT**

Son las iniciales de Nutrient Film Technique (la técnica de la película de nutriente). También se conoce como sistema de recirculación continua. El principio del sistema consiste en recircular continuamente la solución nutritiva por una serie de canales de PVC, llamados canales de cultivo, la recirculación suministrara los nutrientes necesarios para la planta por medio de las raíces, que cuelgan desde los vasos del contenedor para que las plantas crezcan adecuadamente.<sup>9</sup>

### **2.2.5. Concentración**

La concentración química de una disolución es la relación entre la cantidad de soluto con respecto a la cantidad de disolución.<sup>12</sup>

### **2.2.6. Conductividad eléctrica**

Se define como un estimador de la concentración de sales disueltas en el agua, permitiendo evaluar la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica. Esto es fundamental ya que las raíces utilizan estas cargas para tomar los elementos, conociendo de forma aproximada la cantidad de sales disueltas en



gramo por litro (g/l ) (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio elemento esenciales en solución nutritiva) lo cual es importante en la hidroponía para el diseño de la solución nutritiva que sea soluble para facilitar la asimilación de los fertilizantes.<sup>13</sup>

#### **2.2.7. Humedad relativa**

La cantidad de vapor de agua contenida en el aire, en cualquier momento determinado, mide la cantidad de agua en el aire en forma de vapor.<sup>14</sup>

### **2.3. Bases teóricas**

#### **2.3.1. Origen de la lechuga**

El origen de la lechuga es bastante antiguo; existen pinturas que representan esta hortaliza en una tumba de Egipto que data del año 4500 antes de Cristo.<sup>15</sup>

Es originaria de Asia Menor, de la costa sur del Mediterráneo, y fue domesticada, probablemente, en Egipto. Algunos autores creen que procede de la India.<sup>16</sup> Su cultivo se remonta a una antigüedad de 2,500 años y fue conocida por griegos y romanos. Las primeras lechugas de las que se tiene referencia son las de hoja suelta, aunque las acogolladas eran conocidas en Europa en el siglo XVI. Heródoto hace constar que ya para el siglo V al siglo IV a.C los persas cultivaban la lechuga. También los griegos la cultivaban en esa misma época.<sup>15</sup>

Después del proceso de domesticación, la lechuga se dispersó rápidamente por el Mediterráneo y posteriormente a Europa Occidental. El relato más antiguo de su cultivo en América es de 1494. Los italianos llevaron especies en proceso de domesticación y seleccionaron las de tipo romano que se caracterizan por tener hojas sueltas en forma de lanza; allí fue tan apreciada que su nombre proviene de un italiano ilustre llamado Lactuccini.<sup>16</sup>

#### **2.3.2. Descripción botánica**

La lechuga es una planta herbácea anual, dicotiledónea, autógama, perteneciente a la familia Asteraceae, cuyo nombre botánico es *Lactuca sativa*, cuando está en etapa joven contiene en sus tejidos un jugo lechoso llamado látex, cuya cantidad disminuye con la edad de la planta.<sup>18</sup>

#### **2.3.3. Taxonomía**

*Lactuca sativa* fue descrito por Carlos Linneo y publicados en *Species Plantarum* en 1753, la lechuga tiene la siguiente clasificación taxonómica.<sup>18</sup>

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica de la lechuga.<sup>18</sup>

---

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Orden:</b>	Asterales
<b>Familia:</b>	Asteraceae
<b>Genero</b>	Lactuca
<b>Especie</b>	<i>Lactuca sativa</i> L.

---

#### **2.3.4. Morfología**

##### **a. Raíz**

La raíz principal es pivotante, corta, puede llegar a penetrar hasta 30 cm de profundidad, con pequeñas ramificaciones; crece muy rápido, con abundante látex, tiene numerosas raíces laterales de absorción, las cuales se desarrollan en la capa superficial del suelo con una profundidad de 5 a 30 cm.<sup>15,19</sup>

##### **b. Tallo**

El tallo es pequeño, muy corto, cilíndrico y no se ramifica cuando la planta está en el estado óptimo de cosecha; sin embargo, cuando finaliza la etapa comercial, el tallo se alarga hasta 1,2 m de longitud, con ramificación del extremo y presencia, en cada punta, de las ramillas terminales de una inflorescencia.<sup>15</sup>

##### **c. Hojas**

Por su forma son lanceoladas, oblongas o redondas. El borde de los limbos es liso, lobulado, ondulado, aserrado o dentado, lo cual depende de la variedad. Su color es verde amarillento, claro u oscuro; rojizo, púrpura o casi morado, dependiendo del tipo y el cultivar.<sup>15,19</sup>

##### **d. Flores**

Las flores están agrupadas en capítulos dispuestos en racimos o corimbos, compuestos por 10 a 25 floretes, con receptáculo plano, rodeado por brácteas imbricadas. Es considerada una planta de flores perfectas que se autofecunda, en la cual solamente un 10% de la fecundación es cruzada; ésta se debe al transporte de polen de una planta a otra por los insectos.<sup>15</sup>

##### **f. Semilla**

El fruto es un aquenio típico y la semilla es exalbuminosa, picuda y plana, la cual botánicamente es un fruto, tiene forma aovada, achatada, con tres a cinco costillas en cada cara, de color blanco, amarillo, marrón o negro, mide de 2 a 5 mm. En su base se encuentra el vilano o papus plumoso, que facilita la

diseminación por el viento; este se desprende fácilmente, con lo cual el aquenio de la semilla queda limpio.<sup>15</sup>

### 2.3.5. Valor nutricional de la lechuga

La contribución de la lechuga a la dieta humana se debe al aporte de minerales, compuestos antioxidantes (fenoles, vitaminas, carotenos y clorofila), fibra y agua. El contenido nutricional varía con el grado de color y la posición de la hoja en la cabeza (hojas externas e internas), las hojas externas son más ricas en nutrientes que las internas.<sup>20</sup>

**Tabla 2.** Composición del valor nutricional de la lechuga

Por 100 g de porción comestible					
nutriente	Cantidad	Unidad	Nutriente	Cantidad	Unidad
Agua	95,3	g	Sodio	9	mg
Proteínas	1,5	g	Potasio	240	mg
Lípidos totales	0,3	g	Fósforo	30	mg
AG saturados	0,039	g	Selenio	1	µg
AG monoinsaturados	0,012	g	Tiamina	0,06	mg
AG poliinsaturados	0,16	g	Riboflavina	0,06	mg
Hidratos de carbono	1,4	g	Vitamina B6	0,07	mg
Fibra	1,5	g	Vitamina B12	0	µg
Calcio	40	mg	Folatos	34	µg
Hierro	0,6	mg	Vitamina C	12	mg
Yodo	5	mg	Vitamina A	29	µg
Magnesio	12	mg	Vitamina D	0	µg
Cinc	0,3	mg	Vitamina E	0,5	mg

Fuente: Tablas de Composición de Alimentos. Moreiras y et al.,<sup>21</sup>

### 2.3.6. Variedad Bohemia (lechuga crespa)

Son lechugas de porte erecto compacto, hojas anchas finalmente onduladas y rizadas en los márgenes, de color verde oscuro. Adaptada para cultivar durante otoño, invierno, verano y principios de primavera.

De tamaño grande, verde claro, buena tolerancia al calor y al bolting. Tiene alta resistencia a mildiu (*Bremia lactucae*) BI:1-5, 7-10, 17 y al áfido de hoja de lechuga (*Nasonovia ribisnigri*). Resistencia intermedia al virus del mosaico de la lechuga (LMV).<sup>22</sup>

### 2.3.7. Hidroponía

La palabra Hidroponía se deriva del griego *Hydro* (agua) y *Ponos* (Labor trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. Hidroponia, es un conjunto de técnicas que permite el cultivo de plantas principalmente de tipo herbáceo en

cultivo sin suelo aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos, invernaderos climatizados.<sup>23</sup> La hidroponía es una herramienta que permite cultivar plantas cuyo crecimiento es posible gracias al suministro adecuado de los requerimientos hídricos, a través del agua y solución nutritiva. Con la técnica de cultivo sin suelo es posible obtener hortalizas de excelente calidad y sanidad, permitiendo un uso más eficiente del agua y los nutrientes. Basados en la experiencia, los rendimientos por unidad de área cultivada son altos debido a una mayor densidad, mayor productividad por planta y eficiencia en el uso de los recursos agua, luz y nutrientes.<sup>24</sup>

#### **a) Historia de la hidroponía**

Los Jardines Colgantes de Babilonia (hacia el siglo VI a. d. C) construidos por el rey Nabucodonosor II para complacer a su esposa Amytis, son considerados hoy una de Las Siete Maravillas del Mundo y además el primer cultivo hidropónico del que la humanidad tenga conocimiento. Asimismo, los Jardines Flotantes de China son considerados hidropónicos, al igual que los cultivos de los de los Antiguos Egipcios a orillas del Río Nilo realizados mediante rústicos esquemas hidropónicos.<sup>25</sup>

Otro ejemplo de los orígenes de la hidroponía son los Jardines Flotantes de los Aztecas, llamados chinampas. Las chinampas eran balsas construidas con cañas y bejucos, que flotaban en el Lago Tenochtitlán (México), estas se llenaban con lodo extraído del fondo poco profundo del lago, rico en materiales orgánicos que suministraba los nutrientes requeridos por las plantas; las raíces traspasaban el fondo de la balsa y extraían directamente del lago el agua necesaria para su desarrollo. Entre las chinampas había canales por los cuales fluía el agua.<sup>25</sup>

La palabra Hidroponía fue sugerida por W.F. Gericke, profesor de la Universidad de California, a quien le corresponde el mérito de haber comenzado en 1938 a realizar los primeros cultivos comerciales sin suelo. Después de la segunda guerra mundial, los militares continuaron utilizando la técnica y establecieron un proyecto de 22 hectáreas en la isla de Chofu (Japón) al paso del tiempo se extendió la técnica en plan comercial, y en los años 50` los países como Italia, Francia, España, Alemania, Israel, Australia y Holanda la adoptaron también.<sup>26</sup>

#### **b) Importancia de la hidroponía**

La hidroponía es considerada como un sistema de producción agrícola que tiene gran importancia dentro de los contextos ecológico, económico y social.

Dicha importancia se basa en la gran flexibilidad del sistema, es decir, por la posibilidad de aplicarlo con éxito, bajo muy distintas condiciones y para diversos usos.<sup>26</sup>

### **c) Las ventajas del cultivo hidropónico son**

Los cultivos hidropónicos tienen algunas ventajas sobre los cultivos tradicionales, aumento de la productividad, mejorar el aprovechamiento del área disponible, ya que por medio de este sistema podemos cultivar en varios pisos, aprovechamiento de áreas infértiles, mayor densidad de plantación que nos conduce a un incremento en la producción por unidad de área. En este sistema no es necesaria la rotación de cultivos, mínima pérdida de agua, mínimo problema con malezas, reducción de la aplicación de agroquímicos, se ajusta a áreas de producción no tradicionales.<sup>27,28</sup>

- ✓ Aprovechar las tierras o suelos no aptos para la agricultura tradicional.
- ✓ Los rendimientos obtenidos con hidroponía superan significativamente a la producción tradicional en suelo.
- ✓ Menor consumo de agua y fertilizantes. La técnica es muy apropiada en zonas donde hay escasez de agua.
- ✓ Crecimiento más rápido y vigoroso de las plantas.

### **d) Desventajas**

- ✓ Costo de inicio alto
- ✓ Se requieren conocimientos de fisiología y nutrición.
- ✓ La falta de experiencia en el manejo de las soluciones nutritivas puede alterar su composición y afectar la apariencia y calidad de las plantas.<sup>28</sup>

### **2.3.8. Solución nutritiva**

Los componentes de la solución nutritiva se caracterizan por su alta solubilidad, se deberán elegir por tanto las formas hidratadas de estas sales. Seguidamente se presenta una lista de las sales nutritivas más usadas en estos sistemas.<sup>15</sup>

#### **a) Solución hidropónica madre “La Molina”**

Universidad Nacional Agraria, La Molina. 2005. En el artículo “Solución Nutritiva La Molina” pública que la solución hidropónica La Molina fue formulada después de varios años de investigación en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Con el propósito de difundir la hidroponía con fines sociales, se eligieron para su preparación, fertilizantes que se pueden conseguir con facilidad en las diferentes provincias del Perú.<sup>29</sup>

En hidroponía es común la aplicación de dos soluciones concentradas, denominadas A y B. La fórmula de la solución hidropónica La Molina se prepara con los siguientes fertilizantes:<sup>29</sup>

**b) Solución Concentrada A:** (para cinco litros de agua, volumen final)

**Tabla 3.** Composición de la solución concentrada A según la Universidad La Molina.<sup>29</sup>

Elemento	Cantidad
Nitrato de potasio 13.5% N, 45% K <sub>2</sub> O	550 g
Nitrato de amonio 33% N	350 g
Superfosfato triple 45% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 20%CaO	180 g

Fuente: según Orellana<sup>29</sup>

**c) Solución Concentrada B:** (para dos litros de agua, volumen final)

**Tabla 4.** Composición de la solución concentrada B según la Universidad La Molina.<sup>29</sup>

Elemento	Cantidad
Sulfato de magnesio 16% MgO	220 g
Quelato de hierro 6% Fe	17 g
Solución de Micronutrientes	400 ml

Fuente: según Orellana<sup>29</sup>

**d) Solución Concentrada de Micronutrientes:** (para un litro de agua destilada)

**Tabla 5.** Solución concentrada de micronutrientes según la Universidad La Molina.<sup>29</sup>

Elemento	Cantidad
Sulfato de Manganeso	5,0 g
Ácido Bórico	3,0 g
Sulfato de Zinc	1,7 g
Sulfato de Cobre	1,0 g
Molibdato de Amonio	0,2 g

Fuente. Según Orellana<sup>29</sup>

**e) Preparación de las soluciones**

Universidad Nacional Agraria La Molina en el artículo “Solución Nutritiva La Molina” indica el proceso de preparación de la solución nutritiva:

Pesar por separado y con cuidado los fertilizantes en las cantidades indicadas.<sup>29</sup>

**Solución concentrada A:**

- En un recipiente graduado, remojar por 24 horas el superfosfato triple en aproximadamente 200-250 ml de agua.
- Con la ayuda de un mazo, agite presionando las partículas del superfosfato continuamente. Verter el sobrenadante en otro recipiente. Repetir esta

operación varias veces, agregando agua (muy poca, apenas 30-50 ml), hasta deshacer totalmente el fertilizante. Eliminar el residuo final (arenilla).

- En otro recipiente, agregar un litro de agua y el nitrato de potasio. Agitar hasta que se diluya el fertilizante.
- Echar sólo el sobrenadante (el líquido transparente) sobre la solución de superfosfato triple, cuidando que no pase el nitrato de potasio no disuelto.
- Agregar más agua (500 ml aproximadamente) sobre el nitrato de potasio no disuelto y agitar. Echar nuevamente el sobrenadante sobre el superfosfato triple. –
- Repetir esta operación (2-3 veces) hasta disolver todo el nitrato de potasio y verter sobre el superfosfato triple.
- En otro recipiente, agregar 500 ml. de agua aproximadamente y el nitrato de amonio. Agitar hasta que se diluya todo el fertilizante. Luego añadir al recipiente que contiene el superfosfato triple y el nitrato de potasio disueltos.
- Ahora los tres fertilizantes están en un solo balde o recipiente.
- Agregar agua hasta completar un volumen de cinco litros (volumen final) de solución concentrada A y almacenar la solución concentrada A en un recipiente con tapa.<sup>29</sup>

#### **Solución Concentrada B**

- En un litro de agua agregar el sulfato de magnesio y agitar hasta que los cristales se hayan disuelto totalmente.
- Agregar 400 ml de la solución de micronutrientes y agitar.
- Agregar el quelato de hierro y remover hasta disolverlo totalmente.
- Agregar agua hasta completar un volumen de dos litros de solución concentrada B.
- Almacenar la solución concentrada B. Para mayor duración, guardar en frasco oscuro y en un lugar fresco.<sup>29</sup>

#### **Solución Concentrada de Micronutrientes**

- Disolver en 200 ml de agua destilada, aproximadamente, una por una las sales según el siguiente orden: sulfato de cobre, sulfato de zinc, molibdato de amonio, ácido bórico y sulfato de manganeso.
- Agregar agua destilada hasta completar un litro.
- Guardar la solución en frasco de vidrio o de plástico limpio.<sup>29</sup>

## **Mezcla de soluciones**

Universidad Nacional Agraria La Molina en el artículo “Solución Nutritiva La Molina” menciona que una vez preparada la solución se debe agitar previamente las soluciones concentradas A y B. Para preparar un litro de solución nutritiva, añadir 5 ml de la solución concentrada A y 2 ml de la solución concentrada B en un litro de agua. Si desea preparar 20, 50 ó 100 litros de solución nutritiva, aplicar la misma relación.<sup>29</sup>

### **2.3.9. Elementos de la solución nutritiva**

Los elementos esenciales para el desarrollo normal de la planta, están contenidos en algunas sales y en sustancias químicas compuestas y son, el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), cloro (Cl), hierro (Fe), cobre (Cu), carbono (C), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn) y molibdeno (Mo). Cada uno tiene una o varias funciones en el proceso de crecimiento de la planta; su carencia se traduce en síntomas específicos, reflejados en la estructura de la planta. Los restantes, son los considerados micronutrientes: el hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), molibdeno (Mo) y cloro (Cl).<sup>34</sup>

La solución nutritiva consiste de agua con oxígeno y todos los nutrimentos en forma inorgánica. Eventualmente algunos compuestos orgánicos forman parte de la solución nutritiva, tal es el caso de varios quelatos de hierro y otros micronutrientes. Cada especie vegetal que se cultiva en hidroponía requiere solución nutritiva con características muy específicas. Las principales características que influyen en el crecimiento, desarrollo y calidad de los cultivos y sus productos de importancia económica son la relación mutua de los cationes  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$ , la relación mutua entre los aniones  $NO_3^-$ ,  $H_2PO_4^-$  y  $SO_4^{2-}$ , la concentración de iones (representada por el potencial osmótico) y el pH<sup>27,28</sup>.

### **Nitrógeno**

Es el fertilizante que más influye en el crecimiento y rendimiento de las plantas, es constituyente de aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos, también forma parte de la molécula de clorofila. Una adecuada cantidad de nitrógeno produce un rápido crecimiento y de un color verde oscuro, lo que es una señal de la fuerte actividad fotosintética de la planta.<sup>32, 33</sup>

Una deficiencia produce un reducido crecimiento y su brotación es débil y de color pálido, la falta de este elemento en las reservas al final del verano-otoño, puede provocar corrimiento de flor en la primavera siguiente.<sup>32, 33</sup>



### **Fósforo**

Participa en la constitución de ácidos nucleicos (ADN y ARN), además cumple un rol en la transferencia y almacenaje de energía (ATP). Una adecuada cantidad da consistencia a los tejidos, favorece la floración, fecundación, fructificación y maduración, influye en la cantidad, peso y sanidad de semillas y frutos, favorece el desarrollo del sistema radicular.<sup>24, 32,33</sup>

Su deficiencia se manifiesta en una disminución de crecimiento, madurez retardada, poco desarrollo de granos y frutos, hojas de color verde oscuro con puntas muertas, coloración rojo-púrpura en zonas de follaje.<sup>24, 32,33</sup>

### **Potasio**

Es activador de muchas enzimas esenciales en fotosíntesis y respiración, activa enzimas necesarias para formar almidón y proteínas, favorece la formación de hidratos de carbono, aumenta el peso de granos y frutos, haciéndolos más ricos en azúcar y zumo, mejorando su conservación, favorece la formación de raíces, y las plantas resisten mejor la sequía, es un elemento de equilibrio y sanidad, aportando mayor resistencia a las heladas, a las plagas y a las enfermedades.

Su deficiencia se manifiesta por un enrollamiento hacia arriba del borde de las hojas acompañado por una quemadura de color café en las puntas y márgenes comenzando por las más maduras, también presenta tallos débiles que favorecen la tendadura, frutos pequeños, semillas arrugadas y crecimiento lento, puede inducir carencias de magnesio, cobre, cinc, manganeso y hierro.<sup>24, 32,33</sup>

### **Calcio**

Constituye una parte esencial de la estructura de la pared celular y es indispensable para la división celular, favorece el crecimiento, da resistencia a los tejidos vegetales, desarrolla el sistema radicular, influye en la formación, tamaño y maduración de frutos. Su deficiencia no es común, siendo los síntomas de esta la muerte de los puntos de crecimiento, coloración anormal oscura del follaje, caída prematura de brotes y flores y debilitamiento de los tallos. Su exceso produce un aumento en el pH y dificulta la absorción de algunos elementos, como el potasio, boro, hierro y manganeso, y forma fosfatos insolubles con el fósforo.<sup>24, 32,33</sup>

### **Azufre**

Favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas, si hay carencias, la fructificación no es completa, es un componente de las proteínas y enzimas, interviene en los procesos de formación de la clorofila, favorece la formación de

nódulos en las raíces de las leguminosas. El síntoma de deficiencia se identifica en hojas jóvenes mediante de color verde claro o amarillento pudiendo algunas plantas verse afectados los tejidos más viejos también, plantas pequeñas y alargadas, crecimiento retardado y retraso en la madurez, aumenta salinidad de los suelos.<sup>29</sup>

### **Magnesio**

Es uno de los componentes principales de la clorofila, por lo que su carencia reduce la formación de hidratos de carbono, así como la capacidad productiva de las plantas, hace las plantas más resistentes a heladas y enfermedades, los frutos hacen gran consumo de este elemento, por lo que no es raro encontrar carencias en una agricultura intensiva.<sup>24, 32, 33,34</sup>

La deficiencia de magnesio provoca en la planta una clorosis invernal en las hojas y necrosis en los márgenes, manteniéndose verde el área a lo largo del nervio central, los márgenes de las hojas se curvan hacia arriba produciendo grandes defoliaciones.<sup>34</sup>

### **Fierro**

Este elemento es de suma importancia debido a que forma parte de enzimas y numerosas proteínas que acarrear electrones durante la fotosíntesis y respiración. La deficiencia de fierro provoca una inhibición rápida de la formación de clorofila provocando una clorosis intervenal pronunciada, presentado primero en hojas jóvenes; en ciertas ocasiones es seguida de una clorosis venal. En casos severos las hojas se ponen blancas, con lesiones necróticas.<sup>34</sup>

### **Cloro**

Tiene por función estimular la ruptura (oxidación) de la molécula de agua durante la fotosíntesis, importante en raíces, división celular en hojas y soluto osmóticamente activo de importancia para mantener la integridad celular. Las deficiencias provocan un crecimiento reducido de hojas, marchitamiento y desarrollo de manchones cloróticos y necróticos, las hojas adquieren color bronceado, las raíces disminuyen su longitud pero aumentan en grosor.<sup>32</sup>

### **Manganeso**

Activador de una o más enzimas en la síntesis de ácidos grasos, las enzimas responsables en la formación del ADN y ARN de las enzimas deshidrogenasa del ciclo de Krebs. Participa directamente en la fotosíntesis, en la formación de oxígeno desde el agua y en la formación de clorofila.<sup>33</sup>

### **Boro**

Tiene un papel no bien entendido en las plantas, ya que puede ser requerido para el transporte de carbohidratos en el floema.<sup>33</sup>

### **Zinc**

Requerido para la formación del ácido indolacético en el grupo hormonal de las auxinas. Activa la dehidrogenasa del alcohol de las enzimas, la deshidrogenasa del ácido láctico, la deshidrogenasa del ácido glutámico y la carboxipeptidasa.<sup>33</sup>

### **Cobre**

Actúa como portador del electrón así como parte de ciertas enzimas. Está implicado en fotosíntesis y también en la oxidación del polifenol y la reductasa en compuestos de nitrato. Puede estar implicado en la fijación del nitrógeno.<sup>33</sup>

### **Molibdeno**

Actúa como portador del electrón en la conversión del nitrato a amonio y es también esencial para la fijación de nitrógeno, su carencia se muestra una clorosis que varía de color amarillo verdoso a naranja pálido pudiendo presentar necrosis.<sup>24, 32, 33,34</sup>

#### **2.3.10. Nitrato de calcio**

El Nitrato de Calcio es un cristal blanco, oxidante y muy estable y fuerte, soluble en agua, de alta pureza con limitada sensibilidad a la aglomeración. El producto ofrece una solución completamente clara y transparente, fue desarrollado especialmente para aplicarse por medio de fertirriego en cultivos cubiertos en tierra o que se cultivan en agricultura hidropónica. Además se puede utilizar para aplicación foliar. Es compatible con la mayoría de fertilizantes de uso general, excepto, fertilizantes de sulfato o fosfato<sup>32</sup>

Nitrato de calcio es una fuente satisfactoria de nitrógeno y calcio soluble además de ser utilizada en casi todas las aplicaciones tradicionales, su grado de solubilidad es de 250g /100 ml a 20°C.<sup>35</sup>

#### **a) Importancia de calcio**

El calcio es un componente esencial en el desarrollo de los vegetales y en general de los órganos en crecimiento. Es un elemento poco móvil dentro de la planta, por lo que su deficiencia se manifiesta rápidamente en las zonas de crecimiento de la planta como manchas marrones en los bordes de las hojas jóvenes. El calcio fortalece la estructura de la pared celular de la planta formando compuestos de pectato de calcio que dan estabilidad a las paredes celulares de las células. El calcio ayuda a proteger la planta contra las enfermedades como

los hongos y bacterias que secretan enzimas que deterioran la pared celular de los vegetales. El Calcio, a diferencia de la mayoría de los elementos, es absorbido y transportado por un mecanismo pasivo. Por ello el proceso de transpiración de las plantas es importante en el transporte del Calcio. Una vez en la planta, el Calcio se mueve hacia las áreas de rápida expansión, tales como hojas nuevas o frutos, a través de la transpiración.<sup>36</sup>

#### **b) Deficiencia de calcio**

Las deficiencias de calcio en los cultivos se dan en diversos casos:

El calcio es un elemento poco móvil dentro de la planta, por lo que un crecimiento excesivamente rápido puede producir deficiencias, se mueve en la planta con el flujo de agua. En el caso de darse una situación de alta temperatura y elevada transpiración, el calcio se moverá hacia las zonas de mayor transpiración. En caso de humedades altas y baja transpiración, o una sequía prolongada se pueden producir deficiencias por falta de succión de calcio por las raíces.<sup>37</sup>

La fertilización con el calcio a través del fertirriego, hidroponía o fertilizaciones foliares, es importante en la formación de las paredes celulares al conferir resistencia y elasticidad a los tejidos; promueve la división celular y el crecimiento de las zonas meristemáticas, contribuye al equilibrio electrostático en la planta, optimiza el desarrollo de raíces, es un segundo mensajero en la transmisión de señales bioquímicas y mejora la estructura de las paredes de los frutos, lo que mejora una mayor vida post cosecha. Es un producto completamente soluble y de alta pureza.<sup>37</sup>

#### **2.3.11. Fertilización foliar**

La fertilización foliar es el principio de aplicación de nutrimentos a través del tejido foliar, principalmente a través de las hojas, que son los órganos donde se concentra la mayor actividad fisiológica de la planta.<sup>38</sup> En esta técnica se utilizan sustancias fertilizantes que son asperjadas al follaje en forma de solución nutritiva, utilizando el agua como medio de disolución. Ha sido bien demostrado el excelente resultado que se logra cuando se aplican nutrimentos vía foliar en la época y cantidad adecuada. La fertilización foliar se ha convertido en una práctica importante en muchos sistemas de producción agrícola porque permite la corrección rápida y eficiente oportuna y económica de deficiencias nutricionales, favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas, y mejora el rendimiento y calidad de la cosecha. La investigación ha indicado que es factible

alimentar a las plantas a través del tejido foliar, en particular cuando se trata de corregir deficiencias de elementos menores, los cuales son requeridos en cantidades muy pequeñas por las plantas. Esta circunstancia hace posible el suministro de estos elementos en soluciones de muy baja concentración, que son toleradas por la planta y no producen efectos fitotóxicos. Las plantas pueden fertilizarse suplementariamente a través de las hojas mediante aplicaciones de sales solubles en agua, de una manera más rápida que por el método de aplicación al suelo.<sup>39</sup>

#### **a. Absorción foliar de nutrimentos**

Los nutrimentos penetran en las hojas a través de las estomas que se encuentran en el haz o envés de las hojas y también a través de espacios submicroscópicos denominados ectodesmos en las hojas y al dilatarse la cutícula de las hojas se producen espacios vacíos que permiten la penetración de nutrimentos. La penetración de nutrimentos en la superficie de las hojas y demás partes aéreas de las plantas está regulada por las células epidérmicas de las paredes externas de las hojas. Estas paredes están cubiertas por una capa de ceras, pectinas, hemicelulosa y celulosa que protegen a la hoja de una excesiva pérdida de solutos orgánicos e inorgánicos por la lluvia. Esta capa cuticular actúa como un débil intercambiador catiónico producto de la carga negativa atribuida a las sustancias pécticas y a los polímeros de cutina no esterificados.<sup>39</sup>

Una gradiente de carga se produce en esta capa cuticular de la parte externa hacia el interior de pared, permitiendo la penetración de iones a lo largo de la gradiente, favoreciendo la efectividad de aplicación foliar y controlando las pérdidas por lixiviación.<sup>40</sup> La penetración de nutrimentos a través de la hoja es afectada por factores externos tales como la concentración del producto, el ión acompañante, las condiciones tecnológicas de la aplicación y de factores ambientales tales como temperatura, humedad relativa, precipitación y viento. El grosor de la capa cuticular varía enormemente entre especies de plantas y es también afectado por factores ambientales, tal es el caso de comparar plantas que crecen a la sombra con aquellas a plena luz, la capacidad de absorción por la hoja disminuye con la edad de la misma, debido a una disminución en la actividad metabólica, a un incremento en la permeabilidad de la membrana y a un aumento en el grosor de la cutícula.<sup>41</sup>



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación de la zona de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la instalación particular del Centro de Producción de lechugas hidropónicas Ayacucho, ubicado en el AA-HH Mollepata, distrito de Ayacucho provincia de Huamanga; en el periodo de julio a setiembre del 2017.

##### 3.1.1. Ubicación política:

Región : Ayacucho  
Provincia : Huamanga  
Distrito : Ayacucho  
Lugar : AA.HH. Mollepata

##### 3.1.2. Coordenadas proyectadas UTM:

Este : 584 463,88  
Norte : 854 9726,24  
Altitud : 2872 msnm

#### 3.2. Población y unidad experimental

**3.2.1. Población:** Estuvo constituida por 630 plantas de *Lactuca sativa* L. “lechuga” de la var. *Bohemia* “lechuga crespá”, del Centro de Producción de Lechugas Hidropónicas – Ayacucho.

##### 3.2.2. Unidad experimental

Estuvo constituido por cinco lechugas por bloque para cada tratamiento.

##### 3.2.3. Diseño experimental

La distribución de los tratamientos en el sistema NFT se realizó bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con cinco tratamientos y 14 réplicas.

La disposición de las unidades experimentales fue de manera aleatoria, se sorteó la posición de la fila y la columna en el conjunto de los tubos con *Lactuca sativa* de la Var. *Bohemia* lechuga crespá.

Se colocaron las cintas de diferentes colores para cada tratamiento para poder identificarlos, siendo el color amarillo para el tratamiento 1 (0,04% de nitrato de calcio), morado para el tratamiento 2 (0,06% de nitrato de calcio), rojo para el tratamiento 3 (0,08% de nitrato de calcio), celeste para el tratamiento control (0,05% de nitrato de calcio) y el color anaranjado para el tratamiento testigo (0,00% de nitrato de calcio)

**Tabla 6.** Distribución de los tratamientos de acuerdo al sistema NFT.

Bloques	Tratamientos				
	T1	T2	T3	TC	T
Bloque 1	T1	T2	T3	TC	T
Bloque 2	T2	T3	TC	T	T1
Bloque 3	T3	TC	T	T1	T2
Bloque 4	TC	T	T1	T2	T3
Bloque 5	T	T1	T2	T3	TC
Bloque 6	TC	T	T3	T1	T2
Bloque 7	T2	T1	T	TC	T3
Bloque 8	T3	T2	T1	T	TC
Bloque 9	TC	T3	T2	T1	T
Bloque 10	T	TC	T3	T2	T1
Bloque 11	T1	T2	T	T3	TC
Bloque 12	T2	T3	T1	TC	T
Bloque 13	T3	TC	T2	T	T1
Bloque 14	T1	T	TC	T3	T2

**Leyenda**

T1: Tratamiento 1: 0,04 % de nitrato de calcio

T2: Tratamiento 2: 0,06 % de nitrato de calcio

T3: Tratamiento 3: 0,08 % de nitrato de calcio

TC: Tratamiento control: 0,05 % de nitrato de calcio

T: Testigo: 0,00 % de nitrato de calcio

**3.2.4. Ambiente hidropónico**

El ambiente hidropónico estuvo protegido por plástico agrofilm calibre 10 (250 micras) por la parte superior, para evitar el ingreso de la lluvia, granizo, viento, polvo y los laterales estuvo protegida por malla “raschel” de 60% de sombra.

El sistema NFT estuvo conformado por cuatro módulos, cada módulo contó con canales de cultivo conformados por 14 tubos de PVC de tres pulgadas (7,62 cm) de diámetro con una longitud de 12 metros, separados a 22 cm entre cada canal de cultivo. Los canales de cultivo cuentan con orificios destinados al trasplante de las lechugas, con espaciamento entre ellos de 20 cm, lo cual da una superficie de producción total de 42 m<sup>2</sup> con una densidad de 630 plantas, 15



plantas por metro cuadrado (el esquema se muestra en el anexo 22). Así mismo contó con un tanque colector con una capacidad de 1000 litros en la cual se colocó la solución nutritiva que fue impulsada por una electrobomba de 2HP (caballo de fuerza) a través de los canales de cultivo y después almacenada para su posterior uso.

Las instalaciones del sistema de riego con tubería PVC de  $\frac{3}{4}$  de pulgada (1,9 cm) están empalmadas a los canales de cultivo.

La solución nutritiva circuló por el sistema NFT; creando así una lámina de nutrientes que se mantuvo en contacto con las raíces de las plantas, aportando la cantidad necesaria de agua y nutrientes conforme sea requerido por las plántulas. Así mismo se encuentran instaladas al final de cada canal de cultivo las tuberías de PVC de  $\frac{3}{4}$  que drenan la solución nutritiva hacia un tanque colector. Esta solución será reutilizada en los próximos riegos.

Los módulos contaron con un dispositivo de control de frecuencia y duración de los riegos de manera automática, garantizando la circulación de la solución nutritiva en los canales de cultivo.

### **3.3. Procedimiento y recolección de datos**

#### **3.3.1. Almacigo**

El almacigo se realizó el 4 de julio del 2017, tomando en cuenta la metodología de Rivera<sup>43</sup>, para lo cual se utilizó bandejas germinadoras de 200 cavidades, se utilizó como sustrato turba "Plug mix" humedecida, luego se colocó la semilla a una profundidad de 3 mm y se cubrió con el mismo sustrato y se humedeció con agua. Luego de dos semanas se preparó una solución nutritiva con 5 ml de solución A y 2 ml de solución B para un litro de agua, con la cual se regó de forma manual hasta ser trasplantados. Las plántulas permanecieron por un mes en las bandejas hasta alcanzar las características de 4 a 5 hojas para su trasplante.

#### **3.3.2. Trasplante**

El trasplante se realizó un mes después del almacigo; para lo cual se humedeció completamente las bandejas, para permitir el desprendimiento del sustrato. Las plántulas desprendidas de la bandeja de almacigo, fueron colocados en vasos de plástico de una onza para luego encajar en los agujeros de los tubos del sistema NFT.

#### **3.3.3. Riego**

Las plántulas fueron regadas con la solución nutritiva, para la recirculación por cada canal se utilizó una electrobomba el cual se controló con un dispositivo de

programación de tiempo de regado. Los tiempos de encendido fueron a partir de las 6:00 am a 10:00 am 5 minutos por cada hora, de las 10:00 am a 4:00 pm; 5 minutos por cada media hora por y de las 5:00 pm a 6:00 am; 5 minutos por cada hora.

Para el proceso de preparación de la solución nutritiva se utilizó la metodología de Rodríguez <sup>44</sup>, se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 7.** Formula de solución nutritiva para cultivo de Lechuga

<b>Solución A</b>	<b>1000 Litros</b>
Nitrato Potasio 13,5% N, 46% K <sub>2</sub> O	550 g
Superfosfato triple 46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 14% Ca	200 g
<b>Solución B</b>	<b>1000 Litros</b>
Sulfato Magnesio 16% MgO, 13% S	420 g
Fetrilon - combi 4% Mn ; 4% Fe ; 1,5% Cu; 1,5% Zn ; 0,5% B ; 0,1% Mo	13 g
Quelato Hierro 6% Fe	9 g
Ácido bórico 18 % B	3 g
<b>Solución C</b>	<b>1000 Litros</b>
Nitrato Calcio 15,5%N, 26% CaO	700 g

### **Procedimiento**

#### **Solución A:**

- En un recipiente de plástico se disolvió por una hora, el superfosfato triple en medio litro de agua, para garantizar la homogeneidad de la solución se utilizó una varilla de plástico, para luego colocar el sobrenadante en otro recipiente.
- Se Repitió esta operación varias veces agregando agua (50 ml), hasta disolver totalmente el fertilizante.
- En otro recipiente, se disolvió el nitrato de potasio en un litro de agua, luego el sobrenadante (líquido transparente), se echó sobre la solución de superfosfato triple.
- Finalmente se agregó agua hasta completar un volumen de cinco litros (volumen final) de solución concentrada A y se almacenó la solución concentrada A en un recipiente con tapa.

#### **Solución B:**

- En un litro de agua se agregó el sulfato de magnesio y se agitó hasta que los cristales se hayan disuelto totalmente.
- Se agregó también el fetrilon combi y se agitó, luego se agregó el ácido bórico hasta disolverlo totalmente.

- Se agregó el quelato de hierro y se removió hasta disolverlo. Finalmente se agregó agua hasta completar un volumen de dos litros de solución concentrada B.

### **Solución C**

- Se disolvió 700 g de nitrato de calcio en 10 litros de agua luego se almacenó la solución en un recipiente con tapa.
- Finalmente las soluciones A, B y C se prepararon para 1000 litros de agua, para realizar el riego por los canales de cultivo, para la absorción de las lechugas por medio de las raíces los nutrientes necesarios para su desarrollo.

#### **3.3.4. Preparación de solución foliar de nitrato de calcio**

Se preparó la solución foliar utilizando el producto Yara Liva CALCINIT (nombre comercial) es un nitrato de calcio con una composición: nitrógeno total (N) 15,5% y calcio soluble en agua (CaO) 26%, solubilidad en agua a 20°C (250 g/100ml), pH = 6. Se preparó cinco tratamientos para lo cual se pesaron las siguientes concentraciones de nitrato de calcio:

- Tratamiento 1: 0,04 g/100 ml de agua, para llevar al porcentaje de (0,04% de nitrato de calcio).
- Tratamiento 2: 0,06 g/100 ml de agua, para llevar al porcentaje de (0,06% de nitrato de calcio).
- Tratamiento 3: 0,08 g/100 ml de agua para llevar al porcentaje de (0,08% de nitrato de calcio).
- Tratamiento control: 0,05 g/100 ml de agua para llevar al porcentaje de (0,05% de nitrato de calcio).
- Tratamiento testigo: 0,00 g/100 ml de agua para llevar al porcentaje de (0,00% de nitrato de calcio).

El tratamiento control se preparó de acuerdo a la metodología, Rodríguez <sup>40</sup> 0,05% de nitrato de calcio del centro de investigación de hidroponía y nutrición mineral La Molina (UNALM).

El tratamiento testigo no se agregó nitrato de calcio (0.00%)

#### **3.3.5. Aplicación de nitrato de calcio por fertilización foliar**

La aplicación se realizó después de dos semanas del trasplante, utilizando la metodología de Rivera et al,<sup>43</sup> donde señala que la aspersión se realiza directamente al follaje de las plántulas con un aspersor manual. La aspersión se realizó una vez por semana en las últimas cuatro semanas de la cosecha. El mismo procedimiento se realizó para todos los tratamientos, y se esperó una semana como tiempo de carencia antes de la cosecha.

### **3.3.6. Registro de la conductividad eléctrica, pH y temperatura de la solución nutritiva**

Los registros se realizó utilizando un potenciómetro portátil de marca Hanna® tipo combo modelo HI98130, que está diseñado para lograr mediciones de pH/CE/°C de la solución nutritiva.

Las evaluaciones se realizaron todos los días a las 9:00 am para conductividad eléctrica y pH, mientras la temperatura de la solución se evaluó a la 1:00 pm.

### **3.3.7. Registro de la temperatura y humedad relativa del ambiente**

Los registros de la temperatura y humedad relativa se realizó diariamente en cuatro turnos: 9.00 am, 12:00 m, 3:00 pm y 6:00 pm.

### **3.3.8. Recolección de datos**

Los instrumentos empleado para la recolección de datos fue un flexómetro de 3 metros para medir; altura de la lechuga, largo y ancho de la hoja y tamaño de raíz de la lechuga, se utilizó la balanza CAMRY® modelo EK5055; para medir el peso fresco, termohigrómetro KTJ® modelo TA318 para evaluar la temperatura y la humedad del ambiente hidropónico, equipo combo HANNA® modelo HI98130 para evaluar (pH - Temperatura, conductividad eléctrica de la solución nutritiva).

### **3.3.9. Cosecha**

Al momento de la cosecha se evaluó a 70 lechugas por cada tratamiento; peso fresco, altura, largo y ancho de la hoja, número de hojas, tamaño de raíces. Para el rendimiento de las lechugas, se pesó todas las lechugas de cada tratamiento, de acuerdo a la metodología planteada por Rivera et al.<sup>43</sup>

En la cosecha; transcurrido 75 días se evaluaron los siguientes parámetros:

#### **Peso fresco de la lechuga:**

Se pesaron 70 lechugas y se promedió y se expresó en gramos.

#### **Altura de la planta (cm)**

Con el flexómetro se midieron 70 lechugas por tratamiento, desde el cuello de la raíz hasta la parte más pronunciada y se promedió.

#### **Número de hojas /plantas**

Se contó el número de hojas de 70 lechugas por tratamiento y se promedió.

#### **Ancho de la hoja (cm)**

Con el flexómetro se midieron la cuarta hoja (contando de abajo hacia arriba) de 70 lechugas por tratamiento y se promedió.

#### **Largo de la hoja (cm)**

Se midió la cuarta hoja (contando de abajo hacia arriba) de 70 lechugas por tratamiento y se promedió.

### **Tamaño de la raíz (cm)**

Con el flexómetro se midió 70 lechugas por cada tratamiento, desde el cuello de la raíz hasta la parte más pronunciada y se promedió.

### **Rendimientos (Kg/m<sup>2</sup>)**

Al momento de la cosecha se pasaron 15 lechugas por m<sup>2</sup> y se promedió y se expresó en Kg/m<sup>2</sup>.

### **3.4. Análisis estadístico**

Con los datos obtenidos se realizó la construcción de una matriz de datos en el software Excel, a partir de los cuales se crearon tablas y figuras en las que se presentan estadísticos, con la finalidad de ver el rendimiento de las lechugas en los tres tratamientos de nitrato de calcio, tratamiento control y el tratamiento testigo.

Para evaluar el efecto de los cinco tratamientos en el desarrollo de lechugas hidropónicas, se realizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA). Los 14 tubos del sistema NFT fueron considerados como bloques. Para detectar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos con respecto al peso fresco de lechuga, altura de la planta, número de hojas, ancho de la hoja, largo de la hoja y tamaño de raíces, se realizaron análisis de varianzas (ANOVA), y las comparaciones múltiples de medias se realizaron con la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Se realizó la prueba no paramétrica de Friedman para verificar la existencia de diferencia significativa entre los rendimientos de las lechugas por tratamientos, utilizando el software Infostat versión 2011, Rienzo.<sup>45</sup>

Modelo aditivo lineal del Diseño de Bloques Completamente al Azar:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$ : es la respuesta obtenida de la unidad experimental del  $j$ -ésimo bloque sujeta al tratamiento  $i$ .

$\mu$ : El efecto de la media común.

$\tau_i$ : El verdadero efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\beta_j$ : El verdadero efecto del  $j$ -ésimo bloque.

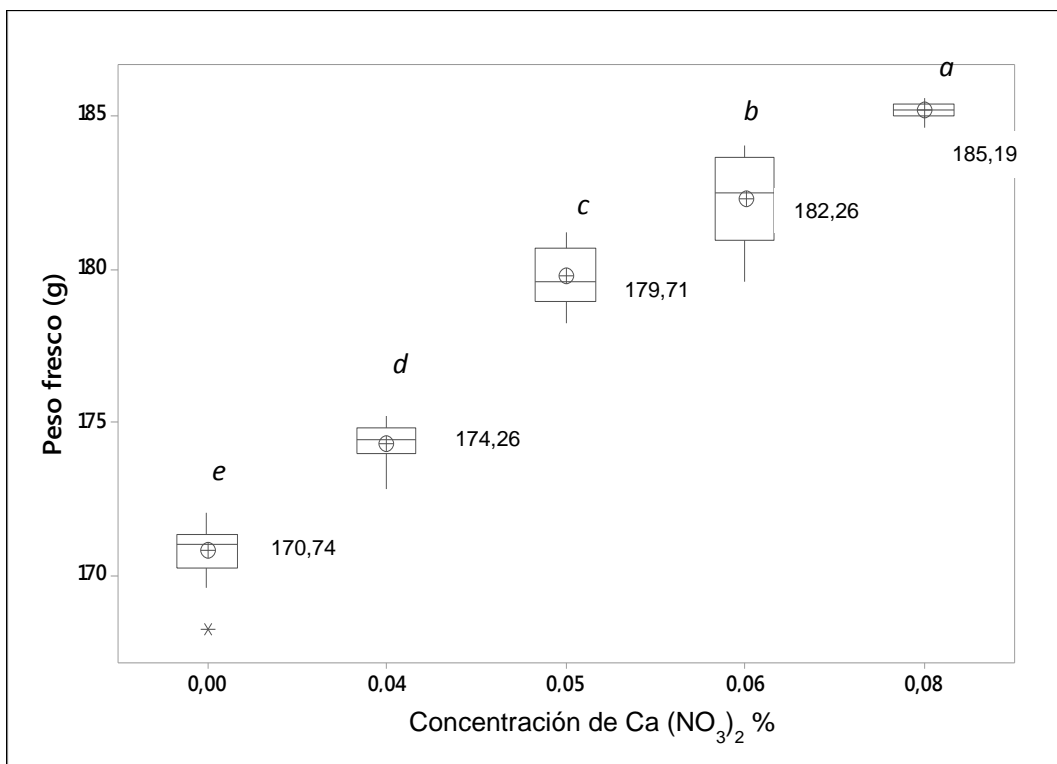
$\varepsilon_{ij}$ : Es una variable aleatoria no observable llamado error.



#### **IV. RESULTADOS**





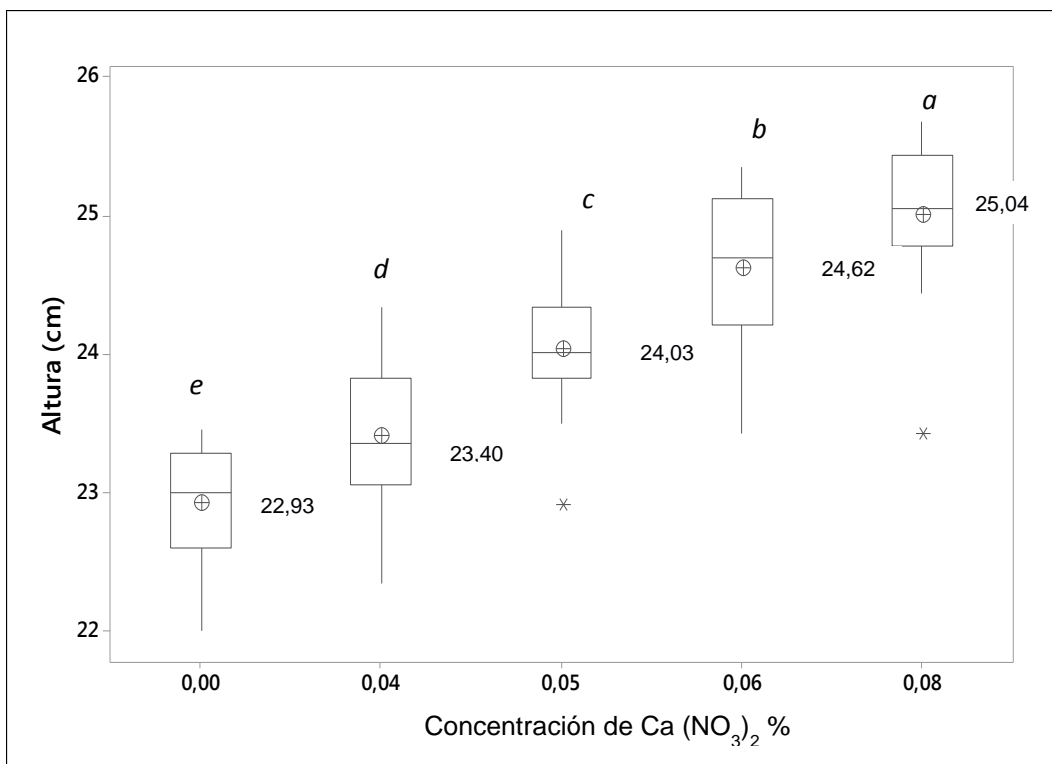


**Figura 1.** Promedio del peso fresco (g) de lechuga hidropónica fertilizada foliarmente con cinco concentraciones de nitrato de calcio, Ayacucho, 2017.

*a, b, c, d y e:* Categorías asignadas por la prueba estadístico (Tukey) valores seguidos por distinta letra difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

**Leyenda**

- T1 : Tratamiento 1: 0,04 % de nitrato de calcio
- T2 : Tratamiento 2: 0,06 % de nitrato de calcio
- T3 : Tratamiento 3: 0,08 % de nitrato de calcio
- TC : Tratamiento control: 0,05 % de nitrato de calcio
- T : Testigo: 0,00 % de nitrato de calcio
- ⊕ : Promedio

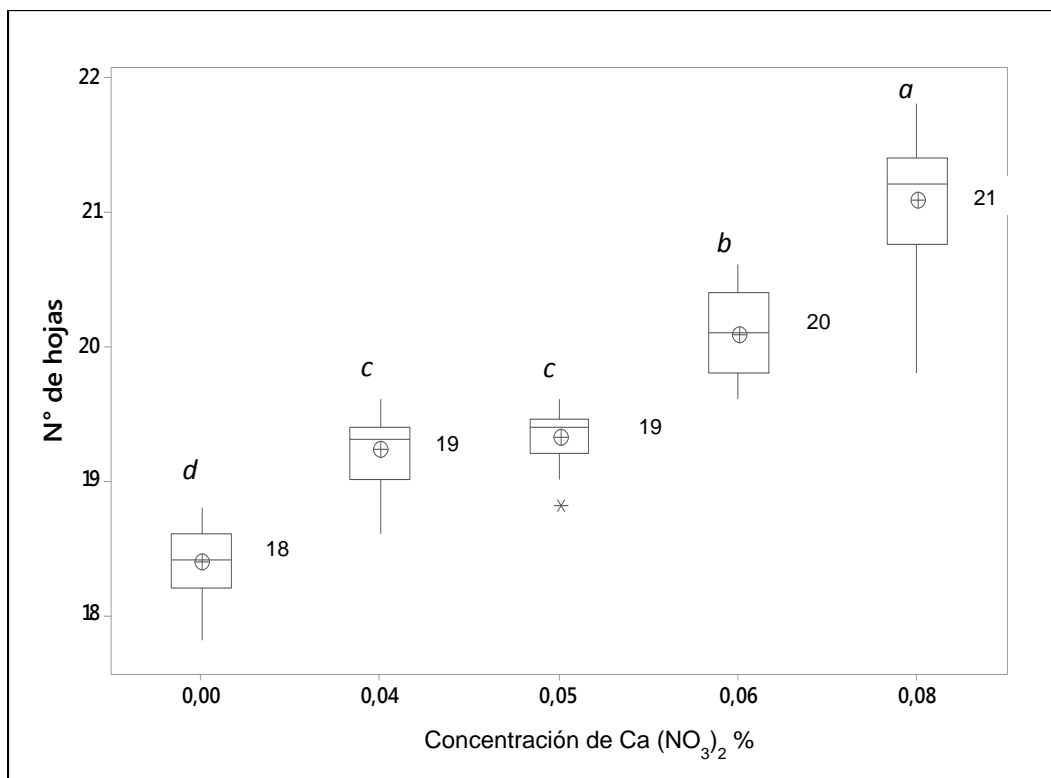


**Figura 2.** Promedio de la altura (cm) de lechuga hidropónica fertilizada foliarmente con cinco concentraciones de nitrato de calcio, Ayacucho, 2017.

*a, b, c, d y e:* Categorías asignadas por la prueba estadístico (Tukey) valores seguidos por distinta letra difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

**Leyenda**

- T1 : Tratamiento 1: 0,04 % de nitrato de calcio
- T2 : Tratamiento 2: 0,06 % de nitrato de calcio
- T3 : Tratamiento 3: 0,08 % de nitrato de calcio
- TC : Tratamiento control: 0,05 % de nitrato de calcio
- T : Testigo: 0,00 % de nitrato de calcio
- ⊕ : Promedio

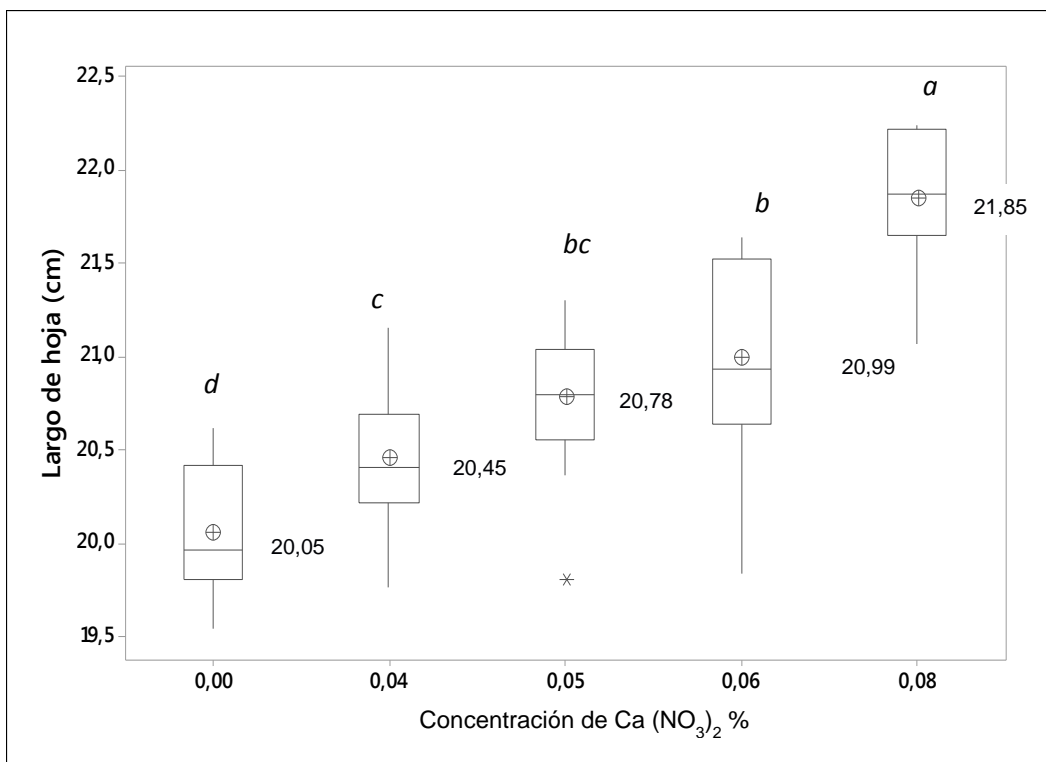


**Figura 3.** Promedio de número de hojas de lechuga hidropónica fertilizada foliarmente con cinco concentraciones de nitrato de calcio, Ayacucho, 2017.

*a, b, c, d y e:* Categorías asignadas por la prueba estadístico (Tukey) valores seguidos por distinta letra difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

**Leyenda**

- T1 : Tratamiento 1: 0,04 % de nitrato de calcio
- T2 : Tratamiento 2: 0,06 % de nitrato de calcio
- T3 : Tratamiento 3: 0,08 % de nitrato de calcio
- TC : Tratamiento control: 0,05 % de nitrato de calcio
- T : Testigo: 0,00 % de nitrato de calcio
- ⊕ : Promedio

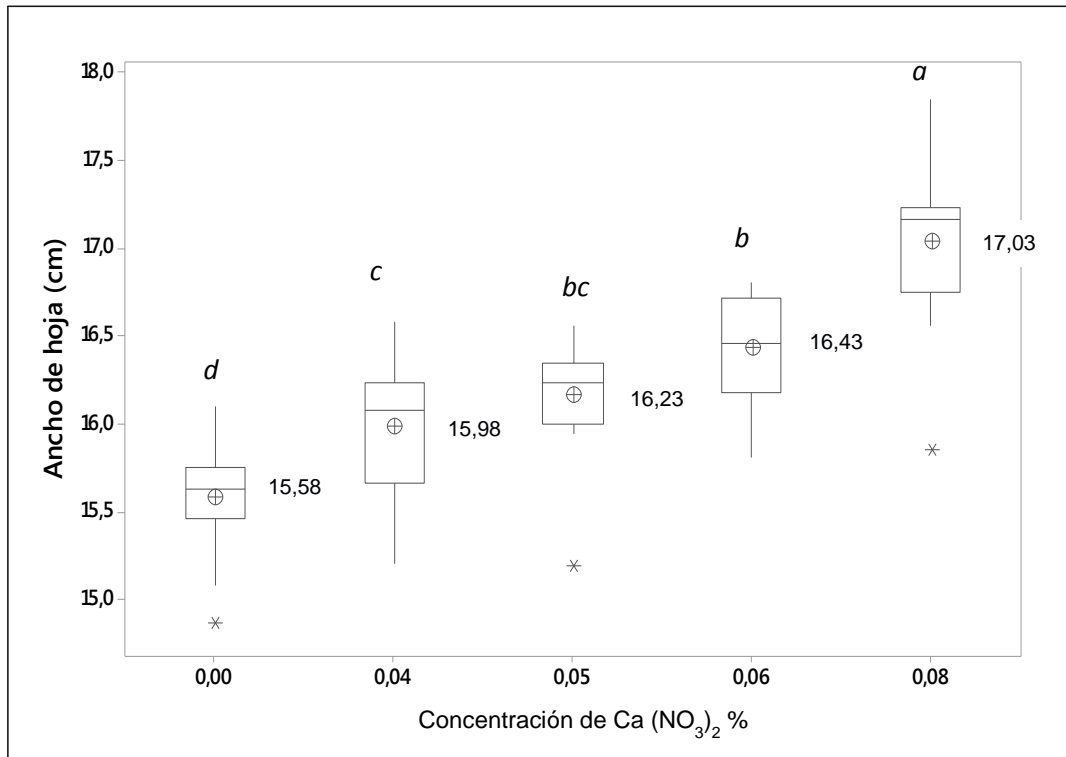


**Figura 4.** Promedio del largo de hoja (cm) de lechuga hidropónica fertilizada foliariamente con cinco concentraciones de nitrato de calcio, Ayacucho, 2017.

*a, b, c, d y e:* Categorías asignadas por la prueba estadístico (Tukey) valores seguidos por distinta letra difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

**Leyenda**

- T1 : Tratamiento 1: 0,04 % de nitrato de calcio
- T2 : Tratamiento 2: 0,06 % de nitrato de calcio
- T3 : Tratamiento 3: 0,08 % de nitrato de calcio
- TC : Tratamiento control: 0,05 % de nitrato de calcio
- T : Testigo: 0,00 % de nitrato de calcio
- ⊕ : Promedio

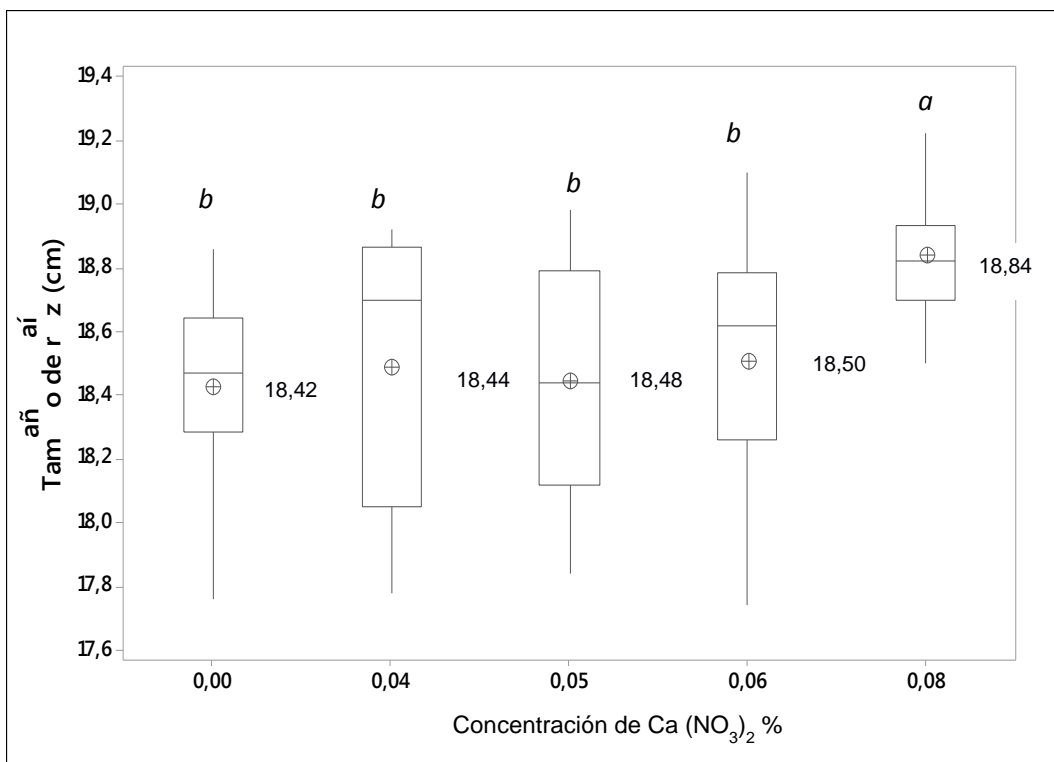


**Figura 5.** Promedio del ancho (cm) de hoja de lechuga hidropónica fertilizada foliarmente con cinco concentraciones de nitrato de calcio, Ayacucho, 2017.

*a, b, c, d y e:* Categorías asignadas por la prueba estadístico (Tukey) valores seguidos por distinta letra difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

**Leyenda**

- T1 : Tratamiento 1: 0,04 % de nitrato de calcio
- T2 : Tratamiento 2: 0,06 % de nitrato de calcio
- T3 : Tratamiento 3: 0,08 % de nitrato de calcio
- TC : Tratamiento control: 0,05 % de nitrato de calcio
- T : Testigo: 0,00 % de nitrato de calcio
- ⊕ : Promedio

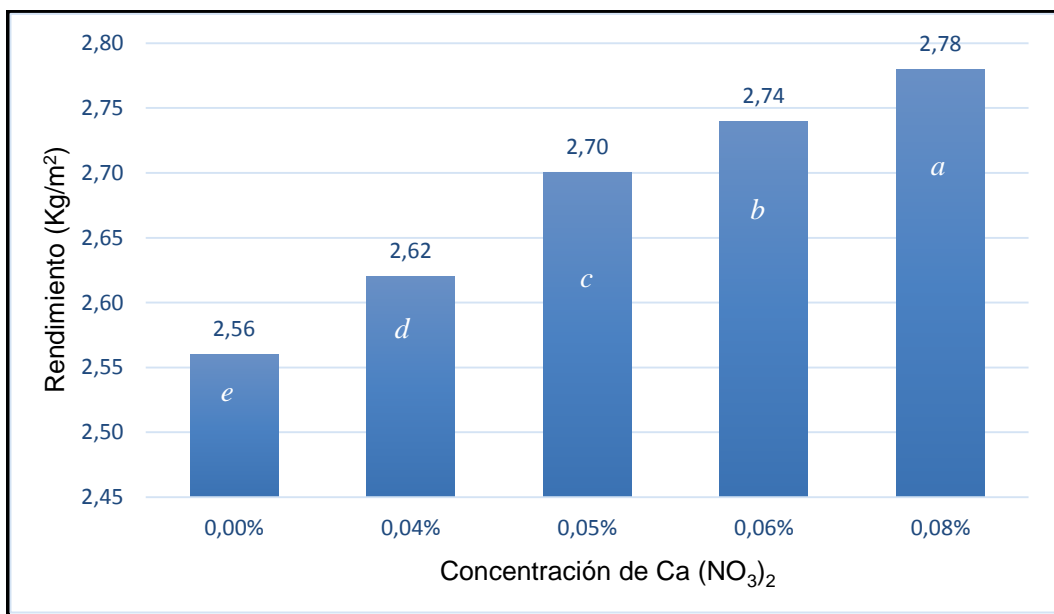


**Figura 6.** Promedio del tamaño de raíz (cm) de lechuga hidropónica fertilizada foliarmente con cinco concentraciones de nitrato de calcio, Ayacucho, 2017.

*a, b, c, d y e:* Categorías asignadas por la prueba estadístico (Tukey) valores seguidos por distinta letra difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

**Leyenda**

- T1 : Tratamiento 1: 0,04 % de nitrato de calcio
- T2 : Tratamiento 2: 0,06 % de nitrato de calcio
- T3 : Tratamiento 3: 0,08 % de nitrato de calcio
- TC : Tratamiento control: 0,05 % de nitrato de calcio
- T : Testigo: 0,00 % de nitrato de calcio
- ⊕ : Promedio



**Figura 7.** Medianas de rendimiento (Kg/m<sup>2</sup>) de la lechuga en cultivos hidropónico con diferentes concentraciones de nitrato de calcio, prueba de Friedman ( $\alpha=0,05$ ); Ayacucho, 2017.

*a, b, c, d y e:* Categorías asignadas por la prueba estadística valores seguidos por distinta letra difieren significativamente ( $p < 0.05$ ), comparaciones múltiples entre tratamientos después de la prueba de Friedman.

**Leyenda**

- T1 : Tratamiento 1: 0,04 % de nitrato de calcio
- T2 : Tratamiento 2: 0,06 % de nitrato de calcio
- T3 : Tratamiento 3: 0,08 % de nitrato de calcio
- TC : Tratamiento control: 0,05 % de nitrato de calcio
- T : Testigo: 0,00 % de nitrato de calcio





## V. DISCUSIÓN

El análisis de varianza bajo un Diseño de Bloque Completamente al Azar fue significativo entre los tratamientos con respecto al promedio de las variables dependientes, además, los bloques mostraron un efecto significativo en el peso fresco, altura de la planta, ancho y largo de hojas, y en el tamaño de raíces; lo cual permitió incrementar la eficiencia del análisis de varianza. Los bloques no fueron significativos para el número de hojas de lechuga en cultivo hidropónico.

En la figura 1, se muestran los promedios de los pesos frescos de lechugas hidropónicas luego de la cosecha (75 días después de la siembra). En el tratamiento 3 se registró el mayor peso fresco de la lechuga (185,19 g) que corresponde a la concentración 0,08% de nitrato de calcio, el cual mostró diferencia significativa con el resto de los tratamientos. Sin embargo, en el tratamiento 1 con la menor concentración de nitrato de calcio (0,04% de nitrato de calcio), el peso fresco promedio fue de 174,26 g. En el tratamiento testigo (0,00% de nitrato de calcio) las lechugas mostraron menor peso fresco (170,74 g), además se evidenció la aparición de manchas en los bordes de las hojas jóvenes, lo cual afecta la calidad del producto, también presentó necrosis y desprendimiento de tejido foliar, lo que provocó la disminución del peso fresco de las lechugas. Los resultados obtenidos son similares a lo reportado por Bennini et al. (2003)<sup>46</sup>, donde señala que las quemaduras de los bordes de las hojas es un desorden fisiológico ocasionado por el suplemento inadecuado de calcio, principalmente en las hojas nuevas. También indicó que el tratamiento con 200 mg Ca.L<sup>-1</sup> presentó plantas con un contenido de calcio superior a los demás tratamientos, con una baja incidencia de quemadura en los bordes de las hojas jóvenes.

Dios et al. (2006)<sup>47</sup> sostiene que los fertilizantes foliares mejoran la nutrición del cultivo e incrementan la calidad y la resistencia a enfermedades, el calcio tiene el rol de formar pectatos que favorece la rigidez de las paredes celulares, evitando

la pudrición de las partes apicales de las hojas jóvenes, evitando la pérdida de peso y favoreciendo una mayor vida postcosecha. Las lechugas tratadas con nitrato de calcio (0,5%) y metasilicato de sodio (4 mg L<sup>-1</sup>) mostraron 10% menos de área foliar dañada por el hongo *Bremia lactucae* (Regel).

Marschner (2011)<sup>48</sup>, señala que el calcio es esencial para la estabilidad de las biomembranas, por tal motivo el incremento de pectatos de calcio incrementa la resistencia del tejido a la degradación por las enzimas poligalacturonasas que muchos hongos patógenos producen al invadir el tejido del hospedero.

Rojas (2015)<sup>4</sup> en su investigación obtuvo en el tratamiento T4 (1 kg.ha<sup>-1</sup> de fosfonato de Ca) el promedio más alto con 171,4 g de peso de la lechuga, superando estadísticamente a los promedios obtenidos por los tratamientos T3 (0,75 kg.ha<sup>-1</sup> de fosfonato de Ca), T2 (0,5 kg.ha<sup>-1</sup> de fosfonato de Ca), T1 (0,25 kg.ha<sup>-1</sup> de fosfonato de Ca) y T0 (testigo), quienes obtuvieron promedios de 155,8 g; 124,7 g; 84,3 g y 68,3 g de peso de la planta respectivamente.

En la figura 2, se muestra el promedio de las alturas de lechugas hidropónicas. En el tratamiento 3, el promedio de altura de lechugas hidropónicas fue significativamente mayor al resto de los tratamientos, con una altura de 25,04 cm. Mientras en el testigo (0,00% de nitrato de calcio), las plantas presentaron menor altura, con un promedio de 22,93 cm. Además, en el tratamiento 3, se observó el desarrollo de raíces con mayor longitud lo que permitió que las plantas alcancen mayor altura. Estos resultados son similares a lo reportado por Catata et al. (2015)<sup>15</sup>, donde manifiesta que uno de los factores que más puede influir en el crecimiento de la planta, es la cantidad de masa radicular y este carácter fisiológico puede favorecer una mayor área de superficie de absorción de nutrientes por la lechuga.

Rojas (2015)<sup>4</sup> determinó que los tratamientos T4 (1 kg.ha<sup>-1</sup> de fosfonato de Ca), T3 (0,75 kg.ha<sup>-1</sup> de fosfonato de Ca) y T2 (0,5 kg.ha<sup>-1</sup> de fosfonato de Ca) con promedios de 26,3 cm, 24,4 cm y 23,4 cm de altura de planta respectivamente, no difieren significativamente, pero alcanzaron los promedios más altos. Además reportó que el T4 (1 kg.ha<sup>-1</sup> de fosfonato de Ca) difiere significativamente de los tratamientos T1 (0,25 kg.ha<sup>-1</sup> de fosfonato de Ca) y T0 (testigo), los cuales presentaron promedios de 22,1 cm y 21,1 cm de altura de lechuga respectivamente.

En la figura 3, se muestra el promedio de número de hojas de la lechuga en cultivo hidropónico. En el tratamiento T3 (0,08% de nitrato de calcio) el número

promedio de hojas en las plantas de lechuga fue el más alto, con 21 hojas, mostrando diferencia significativa con el resto de los tratamientos. Sin embargo, en el tratamiento T1 y en el tratamiento control, las plantas de lechuga produjeron en promedio 19 hojas. En el testigo se observó plantas de lechuga con menor promedio de hojas (18 hojas). Lo cual evidencia que el número de hojas estuvo influenciado por las diferentes concentraciones de nitrato de calcio aplicadas en el experimento. Según Marschner (2011)<sup>48</sup>, la cantidad de hojas que la planta desarrolla, representa el crecimiento en relación con el volumen de la planta, teniendo en cuenta que a mayor cantidad de hojas se tiene un mayor aprovechamiento de luz y por lo tanto se mejora la fotosíntesis.

Rojas et al. (2015)<sup>4</sup>, reportaron que en el tratamiento T4 (1 kg.ha<sup>-1</sup> de fosfonato de Ca) obtuvieron el promedio más alto con 16,4 hojas por planta, superando estadísticamente a los promedios de los demás tratamientos, seguido del T3, T2, T1 y TO (testigo) donde lograron promedios de 14,6 hojas, 12,7 hojas, 10,5 hojas y 7,4 hojas por planta respectivamente.

En la figura 4, se muestra el promedio del largo de hoja de lechuga en cultivo hidropónico. En el tratamiento T3 las plantas desarrollaron hojas más largas con un promedio de 21,85 cm; la cual es significativamente mayor al resto de los tratamientos (T1, T2, TC, T). Sin embargo, en el tratamiento T1 (0,04% de nitrato de calcio) y en el tratamiento control, el largo de las hojas no difieren significativamente siendo el promedio 20,45 cm y 20,78 cm respectivamente. Mientras que en el tratamiento testigo (0,00% nitrato de calcio) se registró el menor promedio de largo de hoja con 20,05 cm.

Paz (2014)<sup>3</sup> manifiesta que los frutos de chile pimiento tratados con 20 gr/barril (200 L de agua) de fitohormona con Calcio-Boro fue superior a los demás tratamientos, el cual presentó dimensiones físicas de los frutos que tiene mayor volumen y preferencias que corresponden a la clasificación de primera (>14 cm).

En la figura 5 se muestra el promedio del ancho de hojas de lechuga hidropónico. En el tratamiento T3 (0,08% de nitrato de calcio) el promedio de ancho de hojas fue de 17,03 cm, la cual es significativamente mayor al resto de los tratamientos (T1, T2, TC, T); mientras que en el tratamiento testigo (0,00% nitrato de calcio) se observó el menor promedio de ancho de hoja, con 15,58 cm.

El calcio contribuye a unir las sustancias pécticas en las paredes celulares, como lo señala Casierra et al.<sup>5</sup> Los frutos tratados con nitrato de calcio duraron 16,4 % más tiempo, mientras que los aplicados con ácido giberélico duraron 11,6 % más

que los testigos, la aplicación en precosecha de fuentes de calcio y reguladores de crecimiento mejoran la calidad del producto.

Eaves (1962) et al.<sup>49</sup> manifiesta que las aplicaciones de cloruro de calcio reducen la maduración y el desarrollo de hongos en poscosecha e incrementan la firmeza del fruto durante la cosecha y la poscosecha.

Las lechugas que no fueron tratados con nitrato calcio, presentaron defectos en los bordes de las hojas tiernas, aparición de manchas marrones, reducción del ancho y largo de las hojas.

Las implicaciones poscosecha de un buen suministro de calcio, radican en que altos contenidos de calcio en los frutos causan una reducción en la tasa de maduración, respiración, producción de etileno y ablandamiento de los frutos como lo señala, Ferguson(1984).<sup>50</sup>

En la figura 6 se muestra el promedio del tamaño de raíz de lechuga en cultivo hidropónico. En el tratamiento T3 (0,08% de nitrato de calcio) las plantas desarrollaron una mayor longitud de raíces, con un promedio de 18,84 cm; la cual es significativamente mayor al resto de los tratamientos. En los tratamientos T2, TC, T1, y Testigo, no hubo diferencia significativa entre el tamaño promedio de raíces, en los que se obtuvieron raíces con tamaños promedios de 18,50 cm, 18,48cm, 18,44cm, y 18,42 cm respectivamente.

En la figura 8 se muestra el rendimiento por planta expresados en kg/m<sup>2</sup> de las lechugas hidropónicas, las cuales fueron tratadas con las diferentes concentraciones de nitrato de calcio. Se puede observar que el tratamiento T3 (0,08% de nitrato de calcio) obtuvo mayor rendimiento con una mediana de 2,78 kg/m<sup>2</sup> superando estadísticamente a los rendimientos obtenidos por los tratamientos T1 (0,01% de nitrato de calcio), T2 (0,06% de nitrato de calcio), TC (0,05% de nitrato de calcio) y Testigo (0,00% de nitrato de calcio), en los cuales se obtuvieron rendimientos de 2,62 kg/m<sup>2</sup>; 2,74 kg/m<sup>2</sup>; 2,70 kg/m<sup>2</sup> y 2,56 kg/m<sup>2</sup> respectivamente.

Martínez (2013) et al.<sup>6</sup> manifiesta que el efecto de la concentración de nitrato de calcio en las plantas de tomate que recibieron 1,0623 g/L de esta sal, mostraron significativamente (tukey, p≤0.05) la mayor producción de frutos (3116,5 g planta<sup>-1</sup>); mientras que las plantas fertirregadas con cantidades mayores y menores a esta dosis, tuvieron rendimientos decrecientes a medida que se incrementó dicho fertilizante. Esto es, las plantas que recibieron concentraciones de 0,3541g/L; 1,4164 g/L; 1.7706 g/L; 2,1247 g/L, 2,4788 g/L son los resultados

obtenidos 2617,0 g/planta; 2885,1 g/planta; 2729,7 g/planta; 2581,3 g/planta; 2423,6 g/planta son menores que las plantas que recibieron la concentración de 10623 g/L respectivamente.

Paz (2014)<sup>3</sup> menciona que los cultivos de chile pimiento tratados con 20 gr/barril (200 L de agua) de Fitohormona con Calcio-Boro fue superior a los demás tratamientos, el cual presentó un rendimiento de 1,337.75 total de cajas/ha.

Según Rojas<sup>4</sup>, un suministro adicional y adecuado de calcio en plantas de lechuga es importante para prevenir el desorden fisiológico conocido como «tipbum» o «quema de los bordes», el cual es causado por una deficiencia localizada de calcio.

Beninni (2003) et al.<sup>46</sup> demostraron que en plantas de lechuga cv. Vera, sembradas en sistema hidropónico, la aplicación foliar de cloruro de calcio incrementó la masa fresca y seca aérea.

Bouzo (2012) et al.<sup>8</sup> menciona que los fertilizantes de aplicación foliar usualmente compensan o suplementan la carencia nutricional, la nutrición foliar con fertilizantes con calcio juega un papel importante en el aumento de los contenidos de nutrientes en vegetales durante la fructificación. En melón, existe evidencia de que el calcio regula el ablandamiento del fruto y senescencia a nivel de la membrana, en la mayoría de las frutas, la retención de la firmeza es un parámetro de calidad importante en las frutas frescas y productos vegetales. El estado nutricional antes de la cosecha de la fruta, especialmente con respecto al calcio, es un factor importante que afecta la potencial vida de almacenamiento. Marschner (2011)<sup>48</sup>, menciona que el exceso de humedad relativa ocasiona menor transpiración de las plantas, esto repercute principalmente en una menor absorción de calcio, debido a que el calcio es movilizado principalmente por flujo de masas lo cual reduce el tiempo de vida de anaquel de la lechuga cosechada.



## VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó que en la concentración de 0,08% de nitrato de calcio las lechugas hidropónicas presentaron mayor peso fresco con 185,19 g.
2. Se determinó que las mayores alturas de las lechugas hidropónicas, se alcanzaron en la concentración 0,08% de nitrato de calcio con 25,04 cm, mientras el testigo presento menor altura con 22,93 cm.
3. Se determinó que el mayor número de hojas de lechuga, se registraron en la concentración de 0,08% de nitrato de calcio con 21 hojas.
4. Se determinó que el tratamiento que recibieron aplicaciones de nitrato de calcio a una concentración de 0,08% obtuvieron mayor promedio de largo de hoja y ancho de hoja con 21,85 cm y 17,03 cm respectivamente.
5. Se determinó que las lechugas hidropónicas tratadas con 0,08% de nitrato de calcio registro el mayor tamaño de raíz con 18,84 cm, a diferencia del tratamiento testigo se obtuvo el menor tamaño de raíz 18,43.
6. Se determinó que en la concentración de 0,08% de nitrato de calcio las lechugas presentaron mayor rendimiento con 2,78 kg/m<sup>2</sup>, mientras las lechugas tratadas con el testigo (0,00 % de nitrato de calcio) tuvo un rendimiento más bajo con 2,56 kg/ m<sup>2</sup>.





## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se debe realizar trabajos de investigaciones con otras variedades de lechuga que se adaptan en diferentes estaciones del año para mejorar la productividad de lechugas en cultivos hidropónicos.
2. Considerar y evaluar en otras investigaciones la aplicación de nitrato de calcio de una manera preventiva para el control de hongos.
3. Realizar investigaciones que permita desarrollar la acuaponía, es una actividad conjunta de producción de peces y plantas.



## VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Inga S. Automatización y Control del Sistema NFT para Cultivos Hidropónicos, Universidad Ricardo Palma, Lima Perú; 2013.
2. Chang M., Hoyos, M., Rodríguez, A. Producción de forraje verde hidropónico. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Lima, Perú.[Internet] (2000).
3. Paz O. Efecto de tres dosis de fitohormona y fertilizante foliar (calcio-boro) en el cultivo de chile pimiento; Río Hondo, Zacapa; 2014.
4. Rojas Hidalgo, L. A. "Rendimiento del cultivo de lechuga (*lactuca sativa*) variedad great lakes 659 con la aplicación de fosfonato de calcio-provincia de Lamas". 2015.
5. Casierra-Posada F, Salamanca RA. Influencia del ácido giberélico y del nitrato de calcio sobre la duración poscosecha de frutos de fresa (*Fragaria sp.*). Rev Colomb Cieñe Hortícolas. 2011;2(1):33-42.
6. Martínez L., Velasco V. A., Efecto del nitrato de calcio y sustratos en el rendimiento del tomate, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2013 4(spe6), 1175-1184.
7. Parra Terraza, S., Villarreal Romero, M., Sánchez Peña, P., Corrales Madrid, J. L., & Hernández Verdugo, S. Efecto del calcio y potencial osmótico de la solución nutritiva en la pudrición apical, composición mineral y rendimiento de tomate. (2008) Interciencia, 33(6), 449-456.
8. Bouzo C, Cortez S. Efecto de la aplicación foliar de calcio sobre algunos atributos de calidad en frutos de melón. RIA Rev Investig Agropecu. diciembre de 2012;38(3):257-62.
9. Carrasco G, Izquierdo J, FAO, Universidad de Talca (Chile). La empresa hidropónica de mediana escala: la técnica de la solución nutritiva recirculante («NFT»), Talca: Universidad de Talca: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe; 1996.
10. El Cultivo Hidropónico de la Lechuga | Todo Sobre Cultivo Hidropónico [Internet], [citado 14 de abril de 2018], Disponible en: <http://todohidroponico.com/2007/09/el-cultivo-hidroponico-de-la-lechuga.html>
11. Definición de Rendimiento [Internet], Definición ABC. [citado 14 de abril de 2018], Disponible en: <http://www.definicionabc.com/general/rendimiento.php>
12. Concentración química y conductividad.pdf [Internet], [citado 14 de abril de 2018]. Disponible: <https://es.scribd.com/document/219257912/concentracion-quimica-y-conductividad-pdf>
13. Guía: ¿Qué es la electroconductividad? :Hydro Environment.: Hidroponia en México [Internet], [citado 14 de abril de 2018], Disponible en: [http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=35](http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=35)
14. Relative Humidity [Internet], [citado 14 de abril de 2018], Disponible en: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Kinetic/relhum.html>
15. Catata, C., & Isaac, L. Comparativo de variedades de lechuga (*lactuca sativa* L.) Y soluciones nutritivas en el cultivo hidropónico, en el sistema nft tipo piramidal, bajo condiciones de invernadero Arequipa, 2015.
16. Cabrera F. Producción de hortalizas de clima cálido. Univ. Nacional de Colombia; 2004. 350 p.
17. Lechuga [Internet], [citado 8 de junio de 2018], Disponible en: [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/hort0498/HTML/p130.html](http://www7.uc.cl/sw_educ/hort0498/HTML/p130.html)
18. Linnaeus, Charles. Species plantarum. Impensis GC Nauk, 1753.
19. Velásquez V, Ruíz E, Chaves J G, Luna C C. Productivity of Lettuce *Lactuca Sativa* in high tunnel conditions on Vitric Haplustands Soil. Rev Cieñe Agríc, julio de 2014;31(2):93-105.

20. Biblioteca Técnica de Servicios y Almacigos S.A. La Serena Chile, el cultivo de lechuga.pdf [Internet], [citado 18 de abril de 2018], Disponible en: <http://www.almacigos.cl/bt/el%20cultivo%20de%20la%20lechuga.pdf>
21. Tablas de composición de alimentos (Moreiras et al.) [Internet], SEÑ - Sociedad Española de Nutrición, [citado 18 de abril de 2018], Disponible en: <http://www.sennutricion.org/es/2013/05/14/tablas-de-composicin-de-alimentos-moreiras-et-al>
22. Brochure Bohemia.pdf [Internet], [citado 18 de abril de 2018], Disponible en: <http://www.resusa.o.cr/images/material/Semillas/Semillas%20de%20Lechuga/Brochure%20Bohemia.pdf>
23. Resh, H. M. Cultivos hidropónicos: nuevas técnicas de producción: una guía completa de los métodos actuales de cultivo sin suelo para técnicos y agricultores profesionales, así como para los aficionados especializados (No. 631.585). Mundi-Prensa, (1997).
24. Alpízar Antillón, L. Hidroponía: Cultivo sin tierra: Elementos básicos para desarrollar la técnica simple de cultivar plantas sin tierra en pequeños espacios. Tecnología de Costa Rica, (2004).
25. Martínez Yáñez R. Tesis: Espinosa Moya, Producción de Tres Especies de Herbáceas Utilizadas como Filtros Biológicos en Sistemas Acuapónicos para la Producción Intensiva de Tilapia (*Oreochromis niloticus* Var. Stirling) 2015.
26. Cultivos hidropónicos [Internet], [citado 18 de abril de 2018], Disponible en: <http://www.mundiprensa.com//catalogo/9788484760054/cultivos-hidroponicos>
27. Ventajas de la hidroponía [Internet], [citado 18 de abril de 2018], Disponible en: <http://hidroponia.org.mx/cultivo-hidroponico/ventajas-de-la-hidroponia>
28. Gilsanz, J. C. Hidroponía (No. CIDAB-SB321-G5h). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay, 2007.
29. Orellana Yanza, C. M., & León Larrea, E. E, Evaluación de la producción del cultivo hidropónico de 3 variedades de pimiento (*capsicum annum*), bajo invernadero en la solución nutritiva La Molina (Bachelor's thesis),2011.
30. Beltrano, J., & Giménez, D. O. Cultivo en hidroponía. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP), 2015.
31. Rodríguez, R., Avelar-Mejía, J. J., Lara-Herrera, A., Lozano-Gutiérrez, J., Estrada-Casillas, J., & Castañeda-Miranda, R. Agentes fitopatógenos en la solución nutritiva para el cultivo de jitomate en un sistema hidropónico cerrado, 2017.
32. Navarro García, G., & Navarro García, S. (2013). Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas (No. S592. 5 N31 2013).
33. Muñoz, L. M. M. Libro experimentos en fisiología y bioquímica vegetal, Universidad Nacional de Colombia Primera edición, Diciembre de 2010.
34. Rojo Hernández, C., Urbano Terrón, P., & Wild, A. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Mundi-Prensa, 1989.
35. Araño Carlos, Red Hidroponía Boletín Informativo No 27, Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Abril/Junio Año 2005
36. Pincay Franco, V. J. Estudio de fertilización edáfica y foliar en tres variedades de fréjol caupí *Vigna unguiculata* L(Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil), 2016.
37. NutriFeed Solubles en Agua [Internet], Disagro. 2011 [citado 20 de abril de 2018], Disponible en: <http://www.disagro.com/es/producto/nutrifeed-solubles-agua>

38. Nitrato de calcio - EcuRed [Internet], [citado 20 de abril de 2018], Disponible en: [https://www.ecured.cu/Nitrato\\_de\\_calcio](https://www.ecured.cu/Nitrato_de_calcio)
39. Meléndez G, et al. Manual de produção de tomate Industrial no Vale do Sao Francisco. Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco, Brasília, DF (Brasil) IICA, Brasília, DF (Brasil), 1991.
40. Rodríguez D. Boletín informativo No 27 Universidad Nacional Agraria La Molina Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral Departamento de Biología Abril/Junio Año 2005.
41. Whitaker T, Ryder Ej. 1964. La lechuga y su producción. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, Servicio de Investigaciones Agrícolas, Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional, México, 53 pp.
42. Trinidad Santos, A., & Aguilar Manjarrez, D. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. Terra Latinoamericana, 1999 17(3).
43. Rivera González VH. Efecto de la aplicación de dos fuentes de hierro en solución nutritiva y foliar sobre el rendimiento de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.) [Master's Thesis], Universidad de Guayaquil/2010; 2010.
44. Rodríguez A, formulación de solución nutritiva para cultivo de lechuga, Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral, Universidad Nacional la Agraria la Molina, Diciembre 2014.
45. Di Rienzo JA. InfoStat versión. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. [Httpwww Infostat Com Ar](http://www.infostat.com.ar). 2009.
46. Beninni ERY, Takahashi FIW, Neves CSVJ. Manejo do cálcio em alface de cultivo hdropónico. Horti Bras. Diciembre de 2003; 21(4):605-10.
47. Dios-Delgado I de, Sandoval-Villa M, Rodríguez-Mendoza M de las N, Cárdenas-Soriano E. Aplicaciones foliares de calcio y silicio en la incidencia de mildiu en lechuga. Terra Latinoam. 2006;24(1):91-8.
48. Marschner H. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press; 2011.668 p.
49. Eaves CA, Leefe JS. note on the influence of foliar sprays of calcium on the firmness of strawberries. Can J Plant Sci. octubre de 1962;42(4):746
50. Ferguson IB. Calcium in plant senescence and fruit ripening. Plant Cell Environ. 1 de agosto de 1984;7(6):477-89.



## **ANEXOS**





**Anexo 1.** Análisis de varianza de la mortalidad (%) de lechuga en cultivos hidropónico con diferentes concentraciones de nitrato de calcio. Centro de producción de lechugas hidropónicas. Ayacucho, 2017.

Conc. % Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	N° de plantas vivas	N° de plantas	N° de muertos	% de Mortalidad	% de vivos	% Total
0,00%	119	126	7	5,56	94,44	100,00
0,04%	123	126	3	2,38	97,62	100,00
0,05%	124	126	2	1,59	98,41	100,00
0,06%	126	126	0	0,00	100,00	100,00
0,08%	126	126	0	0,00	100,00	100,00

**Anexo 2.** Estadística descriptiva para temperatura (°C) del ambiente donde se desarrolló el cultivo hidropónico en el sistema NFT. Centro de producción de lechugas hidropónicas. Ayacucho, 2017.

Variable	Hora	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Máximo
T.A	9:00 am	16,30	1,145	1,310	7,02	14,20	19,80
	12:00 m	25,68	2,171	4,714	8,46	18,90	30,20
	3:00 pm	27,27	1,984	3,938	7,28	23,10	30,50
	6:00 pm	17,19	1,962	3,850	11,41	13,40	23,50

**Anexo 3.** Estadística descriptiva para humedad relativa (%) del ambiente en cultivo hidropónico, en sistema NFT. Centro de producción de lechugas hidropónicas. Ayacucho, 2017.

Variable	Hora	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	Máximo
H.R	9:00 am	42,29	4,771	22,765	11,28	32,00	53,00
	12:00 m	55,29	7,235	52,338	13,09	38,00	69,00
	3:00 pm	67,78	8,588	73,753	12,67	48,00	85,00
	6:00 pm	79,07	6,526	42,588	8,25	54,00	89,00

**Anexo 4.** Estadística descriptiva para temperatura (°C), conductibilidad eléctrica (dS/m) y pH de la solución hidropónica en sistema NFT. Centro de producción de lechugas hidropónicas. Ayacucho, 2017.

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza	Coef.Var	Mínimo	Máximo
T.S	26,78	0,985	0,969	3,68	24,70	28,60
C.E	1,76	0,060	0,00371	3,46	1,64	1,89
pH	6,74	0,3778	0,1427	5,60	6,20	7,80

**Anexo 5.** Estadística descriptiva para peso fresco (g) de lechuga desarrollado en cultivo hidropónico en el sistema NFT, tratadas con nitrato de calcio, Ayacucho 2017.

<b>Conc. de</b>								
<b>Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> %</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Q1</b>	<b>Mediana</b>	<b>Q3</b>	<b>Máx.</b>
0,00	14	170,74	1,02	168,20	170,25	171,00	171,35	172,00
0,04	14	174,26	0,73	172,80	173,95	174,40	174,80	175,20
0,05	14	179,71	0,95	178,20	178,95	179,60	180,65	181,20
0,06	14	182,26	1,45	179,60	180,95	182,50	183,65	184,00
0,08	14	185,19	0,27	184,60	185,00	185,20	185,40	185,60

**Anexo 6.** Análisis de varianza para peso fresco de lechuga hidropónica, en sistema NFT. Ayacucho 2017.

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Concentración	1,938,174.000	4	484,543.000	1,086,688.000	0,000
Bloques	36,931.000	13	2,841.000	6,371.000	0,000
Error	23,186.000	52	0,446		
Total	1998,291	69			

**Anexo 7.** Estadística descriptiva para altura (cm) de lechuga desarrollado en cultivo hidropónico en el sistema NFT, tratadas con nitrato de calcio. Ayacucho 2017.

<b>Concentración</b>								
<b>de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> %</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Q1</b>	<b>Mediana</b>	<b>Q3</b>	<b>Máx.</b>
0,00	14	22,93	0.43	22,00	22,61	23,00	23,29	23,46
0,04	14	23,40	0.54	22,34	23,05	23,35	23,82	24,34
0,05	14	24,03	0.48	22,90	23,83	24,01	24,34	24,90
0,06	14	24,62	0.60	23,42	24,21	24,70	25,13	25,36
0,08	14	25,04	0.57	23,42	24,79	25,05	25,45	25,68

**Anexo 8.** Análisis de varianza para altura de la lechuga cultivada en cultivo hidropónico, en sistema NFT, Ayacucho 2017.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	Sig.
Concentración	41,881.000	4	10,470.000	98,973.000	0,000
Bloques	11,178.000	13	0,860	8,128.000	0,000
Error	5,501.000	52	0,106		
Total	58,560	69			

**Anexo 9.** Estadística descriptiva para número de hojas de lechuga desarrollada en cultivo hidropónico en el sistema NFT, tratadas con nitrato de calcio. Ayacucho 2017.

Concentración de Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> %	N	Desv.Es						
		Media	t.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
0,00	14	18,39	0,27	17,80	18,20	18,40	18,60	18,80
0,04	14	19,21	0,27	18,60	19,00	19,30	19,40	19,60
0,05	14	19,31	0,23	18,80	19,20	19,40	19,45	19,60
0,06	14	20,07	0,35	19,60	19,80	20,10	20,40	20,60
0,08	14	21,07	0,50	19,80	20,75	21,20	21,40	21,80

**Anexo 10.** Análisis de varianza para número de hojas de lechuga hidropónica, en sistema NFT, Ayacucho 2017.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	Sig.
Concentración	57,282.000	4	14,321.000	138,576.000	0,000
Bloques	1,975.000	13	0,152	1,470.000	0,161
Error	5,374.000	52	0,103		
Total	64,631	69			

**Anexo 11.** Estadística descriptiva para ancho de hoja (cm) de lechuga desarrollado en cultivo hidropónico en el sistema NFT, tratadas con nitrato de calcio. Ayacucho 2017.

Concentración de Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> %	N	Desv.Est.						
		Media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
0.00	14	15,58	0,32	14,86	15,46	15,63	15,76	16,10
0.04	14	15,98	0,38	15,20	15,66	16,07	16,24	16,58
0.05	14	16,23	0,35	15,18	16,00	16,23	16,35	16,56
0.06	14	16,43	0,31	15,80	16,18	16,45	16,71	16,80
0.08	14	17,03	0,48	15,84	16,75	17,16	17,23	17,84

**Anexo 12.** Análisis de varianza para ancho de hoja de lechuga hidropónica, en sistema NFT, Ayacucho 2017.

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Concentración	16,253.000	4.000	4,063.000	40,032.000	0,000
Bloques	2,747.000	13.000	0,211	2,082.000	0,031
Error	5,278.000	52.000	0,102		
Total	24,279	69			

**Anexo 13.** Estadística descriptiva para largo de hoja (cm) de lechuga desarrollada en cultivo hidropónico en el sistema NFT, tratada con nitrato de calcio. Ayacucho 2017.

<b>Concentración de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> %</b>								
	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Q1</b>	<b>Mediana</b>	<b>Q3</b>	<b>Máximo</b>
0,00	14	20,05	0.36	19,54	19,81	19,96	20,42	20,62
0,04	14	20,45	0.36	19,76	20,22	20,41	20,70	21,16
0,05	14	20,78	0.39	19,80	20,55	20,80	21,05	21,30
0,06	14	20,99	0.53	19,84	20,64	20,93	21,52	21,64
0,08	14	21,85	0.38	21,04	21,66	21,87	22,22	22,24

**Anexo 14.** Análisis de varianza para largo de hoja de lechuga cultivada en cultivo hidropónico, en sistema NFT, Ayacucho 2017.

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Concentración	25,274.000	4	6,318.000	53,951.000	0,000
Bloques	4,791.000	13	0,369	3,147.000	0,002
Error	6,090.000	52	0,117		
Total	36,154	69			

**Anexo 15.** Estadística descriptiva para tamaño de raíz (cm) de lechuga desarrollado en cultivo hidropónico en el sistema NFT, tratadas con nitrato de calcio, Ayacucho 2017.

<b>Concentración de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> %</b>								
	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Q1</b>	<b>Mediana</b>	<b>Q3</b>	<b>Máximo</b>
0,00	14	18,42	0,33	17,76	18,29	18,47	18,65	18,86
0,04	14	18,44	0,44	17,78	18,05	18,70	18,87	18,92
0,05	14	18,48	0,39	17,84	18,12	18,44	18,79	18,98
0,06	14	18,50	0,40	17,74	18,26	18,62	18,79	19,10
0,08	14	18,84	0,19	18,50	18,70	18,82	18,93	19,22

**Anexo 16.** Análisis de varianza para tamaño de raíz de lechuga hidropónica, en sistema NFT, Ayacucho 2017.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	Sig.
Concentración	1,622.000	4	,405	7,309.000	,000
Bloques	4,483.000	13	,345	6,216.000	,000
Error	2,885.000	52	,055		
Total	8,990	69			

**Anexo 17.** Prueba de Friedman para rendimiento de la lechuga cultivada en cultivo hidropónico, en sistema NFT, Ayacucho 2017.

Tratamiento	Suma(Ranks)	Media(Ranks)	n	
0,00%	14	1	14	A
0,04%	29	2,07	14	B
0,05%	41	2,93	14	C
0,06%	56	4	14	D
0,08%	70	5	14	E

**Anexo 18.** Pruebas de normalidad de los variables en estudiados pruebas de normalidad de peso fresco

Conc. %	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
0,00	0,171	14	0,200*	0,904	14	0,127
0,04	0,183	14	0,200*	0,881	14	0,061
0,05	0,119	14	0,200*	0,960	14	0,723
0,06	0,146	14	0,200*	0,935	14	0,356
0,08	0,193	14	0,168	0,922	14	0,233

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Pruebas de normalidad de la altura

Conc. %	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
0,00	0,140	14	0,200*	0,943	14	0,459
0,04	0,100	14	0,200*	0,988	14	0,998
0,05	0,181	14	0,200*	0,960	14	0,716
0,06	0,196	14	0,151	0,922	14	0,231
0,08	0,139	14	0,200*	0,944	14	0,467

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Pruebas de normalidad de número de hojas

Conc. %	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
0,00	0,236	14	0,034	0,922	14	0,233
0,04	0,258	14	0,012	0,878	14	0,054
0,05	0,216	14	0,076	0,902	14	0,120
0,06	0,211	14	0,091	0,912	14	0,170
0,08	0,244	14	0,023	0,902	14	0,119

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Pruebas de normalidad de largo de hojas

Conc. %	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
0,00	0,167	14	0,200*	0,938	14	0,399
0,04	0,106	14	0,200*	0,990	14	1,000
0,05	0,135	14	0,200*	0,931	14	0,317
0,06	0,135	14	0,200*	0,935	14	0,358
0,08	0,154	14	0,200*	0,904	14	0,129

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Pruebas de normalidad de ancho de hoja

Conc. %	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
0,00	0,161	14	0,200*	0,941	14	0,432
0,04	0,135	14	0,200*	0,971	14	0,890
0,05	0,150	14	0,200*	0,918	14	0,207
0,06	0,180	14	0,200*	0,931	14	0,311
0,08	0,162	14	0,200*	0,930	14	0,301

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Pruebas de normalidad de tamaño de raíz

Conc. %	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
0,00	0,206	14	0,111	0,912	14	0,169
0,04	0,190	14	0,182	0,901	14	0,117
0,05	0,148	14	0,200*	0,923	14	0,239
0,06	0,155	14	0,200*	0,921	14	0,224
0,08	0,197	14	0,145	0,943	14	0,455

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Anexo 19.** Obtención de plántulas de *Lactuca sativa* “lechuga” de la variedad bohemía. Centro de producción de lechugas hidropónicas. Ayacucho del 2017.



Área de almácigo de lechugas realizada en julio del 2017



Lechugas en crecimiento dos semanas después del almácigo



**Anexo 20.** Trasplante de lechugas al sistema NFT. Centro de producción de lechugas hidropónicas. Ayacucho del 2017.



Trasplante de lechugas al sistema NFT realizada en agosto del 2017



Zonificación del área de cada tratamiento con nitrato de calcio



**Anexo 21.** Colocación de cintas para identificar las lechugas que fueron tratadas con diferentes concentraciones de nitrato de calcio en el sistema NFT. Centro de producción de lechugas hidropónicas. Ayacucho del 2017.



Distribución de las lechugas para cada tratamiento en forma aleatoria, se utilizaron cintas de distintos colores por tratamiento.



Preparación de solución foliar con las diferentes concentraciones de nitrato de calcio, en el laboratorio de biología.

**Anexo 22.** Aplicación de nitrato de calcio en lechugas hidropónicas. Centro de producción de lechugas hidropónicas. Ayacucho del 2017.



Fertilización foliar con nitrato de calcio a las lechugas



Presencia de manchas marrones en las hojas jóvenes de lechugas tratadas con el testigo.



**Anexo 23.** Evaluación de los variables de estudio en lechugas hidropónica en diferentes concentraciones de nitrato de calcio. Ayacucho del 2017.



Peso fresco



Altura



Ancho de hoja



Largo de hoja

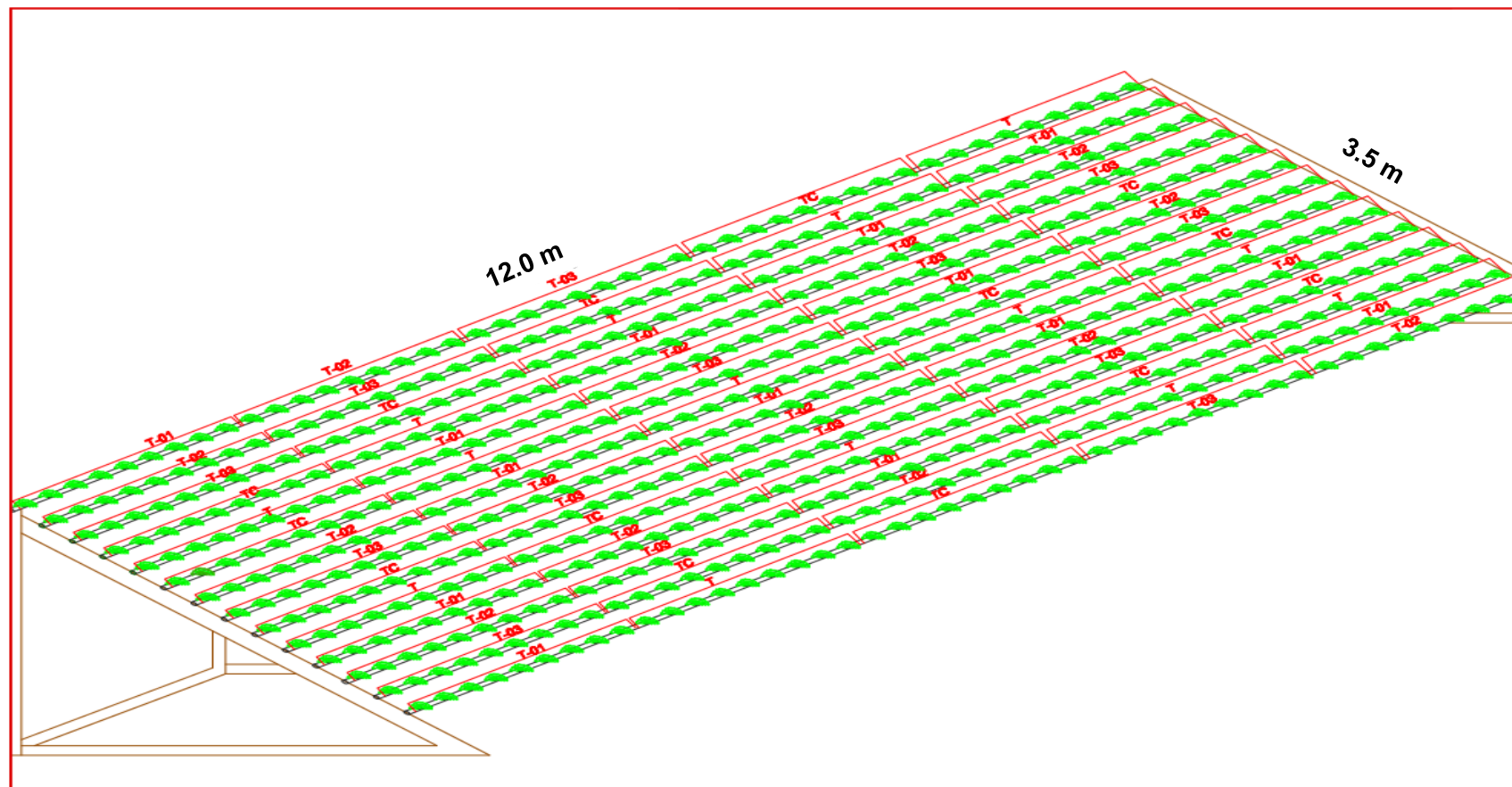


Número de hojas



Tamaño de raíz

**Anexo 24.** Diseño y distribución de las plántulas en el sistema NFT, en las instalaciones del centro de producción de lechugas hidropónicas, Mollepata, Ayacucho – 2017.



## Anexo 25. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLE EN ESTUDIO	METODOLOGÍA
¿Cuál es el efecto de la aplicación de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga", en cultivo hidropónico, Ayacucho 2017?	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Evaluar el efecto de tres concentraciones de nitrato de calcio en el rendimiento de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga", en cultivo hidropónico.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> - Determinar el peso fresco de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga", en cultivo hidropónico en tres concentraciones de nitrato de calcio. - Determinar la altura de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga", en cultivo hidropónico, en tres concentraciones de nitrato de calcio. - Determinar el tamaño de raíz de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga", en cultivo hidropónico, en tres concentraciones de nitrato de calcio. - Determinar el número de hojas de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga", en cultivo hidropónico, en tres concentraciones de nitrato de calcio. - Determinar el largo y ancho de las hojas de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga", en cultivo hidropónico, en tres concentraciones de nitrato de calcio. - Determinar el rendimiento Kg/m<sup>2</sup> de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga", en cultivo hidropónico, en tres concentraciones de nitrato de calcio.</p>	<p>-Origen de la lechuga -Descripción botánica -Variedad Bohemia "Lechuga crespa" -Hidroponía -Importancia de la hidroponía -Hidroponía por el sistema NFT -Ventajas de la hidroponía -Solución nutritiva -Solución de nitrato de calcio. -Solución Concentrada de Micronutrientes -Elementos de la solución nutritiva -Conductividad eléctrica - Humedad relativa - Nitrato de calcio - Fertilización foliar</p>	<p>Existe diferencia al menos en una concentración de nitrato de calcio, que permitirá un mejor rendimiento de <i>Lactuca sativa</i>, de la var. Bohemia "Lechuga crespa", en cultivo hidropónico</p>	<p>El presente trabajo es de investigación experimental, se considerara las variables estudio. <b>a)Variable Independiente</b> Concentraciones de nitrato de calcio: -T1: Nitrato de calcio 0.04% - T2: Nitrato de calcio 0.06 % - T3: Nitrato de calcio 0.08 % - TC: Nitrato de calcio 0.05 % - T: Nitrato de calcio 0.00% <b>b)Variables dependientes</b> - Rendimiento de <i>Lactuca sativa</i> L. var. Bohemia "Lechuga crespa" (Kg/m<sup>2</sup>) <b>Indicadores:</b> ✓ Peso fresco unitario en (Kg) ✓ Altura de la planta (cm) ✓ Numero de hojas (unidad) ✓ Ancho y largo de la hoja (cm) ✓ Tamaño de raíces (cm)</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> experimental <b>a) POBLACIÓN:</b> 630 plantas de <i>Lactuca sativa</i> L. "lechuga" de la "variedad Bohemia "lechuga crespa", del Centro de Producción de Lechugas Hidropónicas – Ayacucho. <b>b) UNIDAD EXPERIMENTAL</b> Estuvo constituido por cinco lechugas por bloque para cada tratamiento. <b>MATERIALES Y INSTRUMENTOS</b> -Bandeja de almacigo -Vaso descartables -Reloj -Tubos de PVC 3" de 3 metros -Accesorios del tubo de PVC -Timer digital de 20 tiempos -Regadora manual -Flexómetro -Termohigrómetro modelo TA318 - Combo HANNA modelo HI98130 -CintaS de señalización - Balanza modelo EK5055 -Nitrato de calcio -Cámara fotográfica -Libreta de campo</p>