

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA



Facultad de Agronomía
Escuela Profesional de Agronomía



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE TRES CULTIVARES
DE *Lactuca sativa* L, BAJO SISTEMA HIDROPÓNICO A RAÍZ
FLOTANTE, DISTRITO VEINTISÉIS DE OCTUBRE-PIURA, AÑO
2022”**

PRESENTADA POR:

Br. Yerson Leonardo Calle Cruz

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

**Línea de investigación: Aprovechamiento y gestión sostenible del
ambiente y los recursos naturales.**

Sub línea de investigación: Gestión de los recursos naturales

Piura-Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

Facultad de Agronomía

Escuela Profesional de Agronomía



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE TRES CULTIVARES
DE *Lactuca sativa* L, BAJO SISTEMA HIDROPÓNICO A RAÍZ
FLOTANTE, DISTRITO VEINTISÉIS DE OCTUBRE-PIURA, AÑO
2022”**

**PRESENTADA A LA FACULTAD DE AGRONOMÍA PARA
OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

Br. Yerson Leonardo Calle Cruz
Tesista

Ing. Miguel Angel Galecio Julca M.Sc.
ASESOR

**Línea de investigación: Aprovechamiento y gestión sostenible del
ambiente y los recursos naturales.**

Sub línea de investigación: Gestión de los recursos naturales

**Piura-Perú
2022**

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo, **BR. YERSON LEONARDO CALLE CRUZ**, identificado con DNI N° 71792605, Bachiller de la Escuela Profesional de Agronomía de la Facultad de Agronomía y domiciliado en Calle Alejandro Taboada 109 AA. HH. San Martín Mz A14 Lt. 24, Distrito de Veintiséis de Octubre, Provincia de Piura, Departamento de Piura.

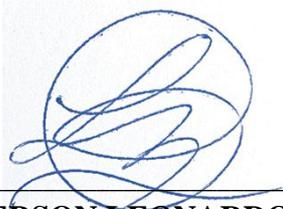
Celular: 950 185 626

Email: Yersago@gmail.com

DECLARO BAJO JURAMENTO: que el trabajo de investigación que presento es auténtico e inédito, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada y/o realizada en el Perú o en el extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411, del código penal concordante con el Art 32 de la ley N° 27444 y ley del procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos del Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

Piura, Agosto del 2022



BR. YERSON LEONARDO CALLE CRUZ
DNI N° 71792605



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

Facultad de Agronomía

Escuela Profesional de Agronomía



TESIS

“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE TRES CULTIVARES DE *Lactuca sativa* L, BAJO SISTEMA HIDROPÓNICO A RAÍZ FLOTANTE, DISTRITO VEINTISÉIS DE OCTUBRE-PIURA, AÑO 2022”

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

Br. Yerson Leonardo Calle Cruz

APROBADA POR:

**DR. CÉSAR AUGUSTO DELGADILLO FUKUSAKI
PRESIDENTE**

**ING. VÍCTOR MANUEL REQUENA SULLÓN
SECRETARIO**

**ING. ANGELINO CÓRDOVA PEÑA M. Sc.
VOCAL**

**Línea de investigación: Aprovechamiento y gestión sostenible del
ambiente y los recursos naturales.**

Sub línea de investigación: Gestión de los recursos naturales

**Piura-Perú
2022**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIDAD DE INVESTIGACION



ACTA DE SUSTENTACIÓN N°017

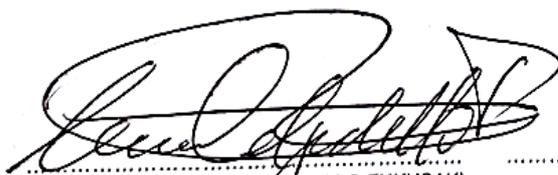
EJECUTOR : YERSON LEONARDO CALLE CRUZ
ASESOR : ING. MIGUEL ANGEL GALECIO JULCA MSC.

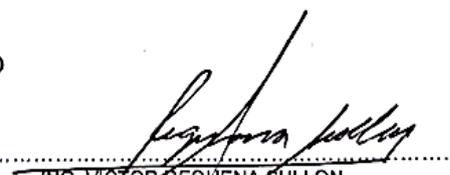
Los miembros del Jurado que suscriben dictaminan que la tesis denominada: "EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE TRES CULTIVARES DE *Lactuca sativa* L, BAJO SISTEMA HIDROPÓNICO A RAÍZ FLOTANTE, DISTRITO VEINTISÉIS DE OCTUBRE-PIURA, AÑO 2022", presentado por el Bachiller: YERSON LEONARDO CALLE CRUZ, para optar el Título de Ingeniero Agrónomo de la Universidad Nacional de Piura, está en calidad de:

APROBADO				DESAPROBADO
Excelente	Sobresaliente	Muy Bueno	Bueno	
		X		

En consecuencia, queda en condición de ser calificado APTO por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura y recibir el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRONOMO de conformidad con lo estipulado en la ley.

En fe de lo cual se firma la presente, a los veintidós días del mes de septiembre del dos mil veinte dos.


DR CESAR AUGUSTO DELGADILLO FUKUSAKI
PRESIDENTE


ING. VICTOR REQUENA SULLON
SECRETARIO


ING. ANGELINO CORDOVA PEÑA MSC.
VOCAL

DEDICATORIA

Agradezco infinitamente a Dios por darme siempre la fortaleza y perseverancia para superar las dificultades.

A mis Queridos Padres: Hilton Adhemir Calle Córdova y Floesmilda Cruz Carrasco, Con el más sincero reconocimiento del hijo que supieron guiarlo por la senda del bien, lo cual permitió realizarme en esta noble profesión.

Con cariño y gratitud a mis hermanos por el aliento y apoyo que en todo momento me brindaron.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento:

Agradezco en primer lugar a Dios, quien nos dio la vida y me ha llenado de bendiciones en todo este tiempo, a él, que con su infinito amor nos ha dado la sabiduría suficiente para culminar la carrera universitaria.

Quiero expresar mi más sincero, agradecimiento, reconocimiento y cariño a mis padres, por todo el esfuerzo que hicieron para darnos una profesión y hacer de mí una persona de bien, gracias por los sacrificios y la paciencia que demostraron todos estos años; gracias a ustedes he llegado a donde estoy.

Mi sincero agradecimiento al Ing. **Ing. Miguel Angel Galecio Julca M.Sc**, por su invaluable orientación y colaboración en la planificación y ejecución del presente trabajo de investigación, y para aquellas personas que de una u otra manera me brindaron su apoyo.

Asimismo, agradezco a los miembros del Jurado que gracias a sus recomendaciones permitieron mejorar la presentación y redacción del presente trabajo.

Gracias a todas aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron a crecer como persona y como profesional.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA	3
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.2.1. Problema General	3
1.2.2. Problemas Específicos	3
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	5
1.4.1. Objetivo General	5
1.4.2. Objetivos Específicos	5
1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.5.1. Delimitación espacial	6
1.5.2. Delimitación temporal	6
1.5.3. Delimitación conceptual	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	7
2.1.1. Antecedentes Internacionales	7
2.1.2. Antecedentes Nacionales	9
2.2. BASES TEÓRICAS	11
2.2.1. Morfología de la lechuga	11
2.2.2. Taxonomía de la lechuga	11
2.2.3. Variedades de lechuga	12
2.2.4. Definición de hidroponía	16
2.2.5. Ventajas y desventajas de la hidroponía	16
2.2.6. Sistemas para hidroponía	18
2.2.7. Etapas del sistema hidropónico a raíz flotante	19
2.2.8. Nutrición mineral en hidroponía	22
2.2.9. Solución nutritiva	22
2.2.10. Fuentes fosforadas para preparar solución nutritiva	24
2.2.11. Factores que afectan la solución nutritiva	25

2.3.	GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	28
2.4.	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	29
2.4.1.	Hipótesis General	29
2.4.2.	Hipótesis Específicas	29
2.5.	DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	30
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....		31
3.1.	ENFOQUE.....	31
3.2.	DISEÑO.....	31
3.3.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	31
3.4.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	31
3.5.	SUJETO DE INVESTIGACIÓN.....	32
3.6.	CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR	32
3.6.1.	Ubicación del campo experimental	32
3.6.2.	Clima	32
3.6.3.	Análisis de agua.....	32
3.7.	MATERIALES Y EQUIPOS	33
3.7.1.	Equipo de laboratorio	33
3.7.2.	Instrumentos	33
3.7.3.	Insumos.....	33
3.7.4.	Equipos informáticos.....	36
3.7.5.	Población	37
3.7.6.	Muestra.....	37
3.8.	MÉTODO Y PROCEDIMIENTOS.....	37
3.8.1.	Diseño estadístico	37
3.8.2.	Sistema hidropónico	39
3.8.3.	Tratamientos	39
3.8.4.	Característica del área experimental.....	39
3.8.5.	Croquis del área experimental	40
3.8.6.	Instalación y manejo del experimento	40
3.9.	EVALUACIÓN DE INDICADORES.....	43
3.9.1.	Rendimiento	43
3.9.2.	Características agronómicas	44
433.9.3.	Rentabilidad del cultivo.....	44
3.10.	ASPECTOS ÉTICOS	44

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN - INDICADORES DE RENDIMIENTO.....	46
4.1.1. Análisis de varianza (ANVA) para el número de hojas.	47
4.1.2. Análisis de varianza (ANVA) para el peso fresco total.....	49
4.1.3. Rendimiento de cultivar en kg.100 m ²	50
4.1.4. Discusión de resultados, para los indicadores de rendimiento	51
4.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN - CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS	52
4.2.1. Análisis de varianza (ANVA) para la altura de la planta	53
4.2.2. Análisis de varianza para la longitud de la raíz	54
4.2.3. Análisis de varianza para el diámetro de la planta	56
4.2.4. Análisis de varianza para el peso de la raíz	58
4.2.5. Análisis de varianza para el peso de la planta	59
4.2.6. Discusión de resultados para las características agronómicas.....	61
4.3. RESULTADO Y DISCUSIÓN - RENTABILIDAD DE CULTIVARES	62
4.3.1. Rentabilidad de los cultivares de lechuga	62
4.3.2. Discusión de resultados para la rentabilidad	64
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

2.1 Taxonomía de la lechuga.....	12
2.2 Matriz de operacionalización de variables	30
3.1 Principales parámetros del clima de la zona.....	32
3.2 Concentración de la solución nutritiva Hidropónica.....	36
3.3 Distribución de la población del campo experimental.	37
3.4 Diseño estadístico para el experimento	38
3.5 Tratamientos según densidad de siembra y cultivar de lechuga.....	39
3.6 Componentes y características del área experimental	39
4.1 Detalle de los tratamientos a evaluar	46
4.2 Análisis de varianza para el número de hojas.....	47
4.3 Prueba de Duncan para el número de hojas.....	48
4.4 Análisis de varianza para el peso fresco total.....	49
4.5 Prueba de Duncan para el peso fresco total.....	49
4.6 Análisis de varianza para la altura de la planta	53
4.7 Prueba de Duncan para la altura de la planta.....	54
4.8 Análisis de varianza para la longitud de la raíz	55
4.9 Prueba de Duncan para la longitud de la raíz	55
4.10 Análisis de varianza para el diámetro de la planta	56
4.11 Prueba de Duncan para el diámetro de la planta	57
4.12 Análisis de varianza para el peso de la raíz	58
4.13 Prueba de Duncan para el peso de la raíz	58
4.14 Análisis de varianza para el peso de la planta	59
4.15 Prueba de Duncan para el peso de la planta	60
4.16 Costos de producción para el cultivo hidropónico	62
4.17 Precios de venta de lechuga hidropónica según cultivar	63
4.18 Rentabilidad del cultivo de lechuga por cosecha, según producción por tratamiento.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1 Variedad de lechuga Crispa, cultivar Climax	13
2.2 Variedad de lechuga Capitata, cultivar White Boston.....	13
2.3 Variedad de lechuga Acephala, cultivar Grand Rapids	14
2.4 Variedad de lechuga Longifolia, cultivar Parris Island	15
2.5 Variedad de lechuga Augustana, Cultivar de tallo	15
3.1 Variedad de lechuga Crispa, cultivar Great Lakes	33
3.2 Variedad de lechuga Acephala, cultivar Red Salad Bowl	34
3.3 Variedad de lechuga Acephala, cultivar Waldman Green.....	34
3.4 Croquis del área experimental	40
4.1 Media del número de hojas por tratamiento (unidades)	48
4.2 Media del rendimiento por tratamiento (peso fresco total kg/m ²).....	50
4.3 Media de la altura de la planta por tratamiento (cm).....	51
4.4 Media de la longitud de la raíz por tratamiento (cm)	54
4.5 Media del diámetro de la planta por tratamiento (cm)	56
4.6 Media del peso de la raíz por tratamiento (g).....	57
4.7 Media del peso de la planta por tratamiento (g)	59
4.8 Media del peso de la planta (g).....	60

ÍNDICE DE ANEXOS

A-1 Matriz de consistencia	73
A-2 Resultado de análisis de laboratorio para el agua.....	75
A-3 Parámetros de conductividad, pH y temperatura en el experimento.....	76
A-4 Resultados de cosecha.....	77
A-5 Evidencias del experimento	81

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de dos densidades de siembra sobre el rendimiento final de tres cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.), en sistema hidropónico con raíz flotante, en el distrito de Veintiséis de Octubre, Provincia de Piura, se emplearon tres cultivares (Great Lakes, Red Salad Bowl, y Waldman Green) y 2 densidades de siembra (25 y 34 plantas por m²), con un total de 6 tratamientos y 3 repeticiones (bloques). La siembra se realizó quincena de mayo y se cosechó en julio 2022, después de 50 días, utilizando una solución nutritiva compuesta de la empresa Hidropónika. Empleando un diseño DBCA, mediante el análisis de varianza (ANVA). Además, se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan al 0.05 de significancia, a fin de determinar que tratamiento es mejor. Los resultados mostraron que: para el rendimiento de número de hojas el T5 que corresponde a la densidad de siembra 2 (34 plantas por m²), y al cultivar Red Salad Bowl es el que presentó el promedio más alto de hojas con 15.43 hojas en promedio; en cuanto al indicador de rendimiento en peso fresco total, el tratamiento T1, correspondiente a la densidad de siembra 1 (25 plantas por m²) ocupa el primer lugar con 80,6 g. por planta. Respecto a las características agronómicas el T3 mostró mejor rendimiento en la mayoría de indicadores (altura, diámetro y peso de la raíz), correspondiente a la densidad de siembra de 1 (25 plantas por m²), cultivar Waldman Green. En cuanto a la rentabilidad, los tratamientos T4 y T6, densidad de siembra 2 (34 plantas por m²), registraron las mayores ganancias, ya que permiten aprovechar al máximo el espacio del contenedor. El tratamiento T4 del cultivar Great Lakes produce una relación B/C de 1.75, mientras que el T6, cultivar Waldman Green obtuvo una relación B/C de 1.55.

Palabras claves: Cultivar, densidad, flotante, lechuga, sistema, raíz

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the effect of two planting densities on the final yield of three cultivars of lettuce (*Lactuca sativa* L.), in a hydroponic system with floating root, in the district of Veintiséis de Octubre, Province of Piura, three cultivars were used. (Great Lakes, Red Salad Bowl, and Waldman Green) and 2 planting densities (25 and 34 plants per m²), with a total of 6 treatments and 3 repetitions (blocks). The sowing was carried out fortnight of May and it was harvested in July 2022, after 50 days, using a nutrient solution made by the Hidroponika company. Using a DBCA design, through analysis of variance (ANVA). In addition, Duncan's multiple comparison test was performed at 0.05 significance, in order to determine which treatment is better. The results showed that: for the yield of number of leaves, the T5 that corresponds to planting density 2 (34 plants per m²), and when cultivating Red Salad Bowl, it is the one that presented the highest average number of leaves with 15.43 leaves. on average; Regarding the yield indicator in total fresh weight, treatment T1, corresponding to planting density 1 (25 plants per m²) occupies the first place with 80.6 g. per plant. Regarding the agronomic characteristics, T3 showed better performance in most indicators (height, diameter and root weight), corresponding to the sowing density of 1 (25 plants per m²), Waldman Green cultivar. In terms of profitability, treatments T4 and T6, planting density 2 (34 plants per m²), recorded the highest gains, since they allow maximum use of container space. The T4 treatment of the Great Lakes cultivar produced a B/C ratio of 1.86, while the T6 cultivar Waldman Green obtained a B/C ratio of 1.65.

Key words: Cultivar, density, floating, lettuce, system, root

INTRODUCCIÓN

La hidroponía, conforme define Ramírez (2017), es un conjunto de técnicas que permite el cultivo y manejo de plantas en un medio que no necesita de suelo. La palabra hidroponía deriva del griego hidro (agua) y ponos (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. Sin embargo, en la actualidad se utiliza para referirse al cultivo sin suelo. Sostiene, además que el rendimiento de los cultivos hidropónicos, específicamente en la variedad de hortalizas es más elevado al de los cultivos en suelo.

Respecto al sistema se presenta como una alternativa importante, cuando algún recurso se encuentra limitado; por ejemplo, el suelo, el clima, el agua; y además es un cultivo que puede efectuarse en espacios muy reducidos, y produce en cualquier época del año. Se destaca también, que la lechuga es una de las especies hortícolas más utilizadas en el sistema hidropónico, y de mayor rendimiento (Zarate, 2014).

En esa misma línea de investigación, Beltrano y Giménez (2015), sustentan que el cultivo en sistema hidropónico se presenta como una solución a la creciente disminución de las zonas agrícolas, producto de la contaminación, la desertización, el cambio climático y el crecimiento desproporcionado de las ciudades. La hidroponía permite en estructuras simples o complejas producir plantas principalmente de tipo herbáceo aprovechando áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos, invernaderos climatizados o no, navíos, búnkeres, centros hidropónicos submarinos, entre otros.

El sistema hidropónico de raíz flotante, es uno de los sistemas hidropónicos que más se ha utilizado de manera comercial y a nivel experimental, donde las plantas se disponen en una plancha tecnológica ahuecada para permitir que las raíces ingresen al medio líquido.

Respecto al marco metodológico, se trabajó bajo un enfoque cuantitativo, con diseño de tipo experimental, teniendo como variable dependiente la producción de tres cultivares de *Lactuca sativa* L., la cual será evaluada en base a indicadores de rendimiento (número de hojas y peso fresco) y características agronómicas (altura de la planta, longitud de la raíz, diámetro de la planta, y peso de la raíz). Como variable independiente se trabajó en base a dos densidades de siembra.

La investigación sobre el cultivo de *Lactuca sativa* L., en sistema hidropónico cobra relevancia social porque contribuye a la producción de alimentos (hortalizas) y con ello cubrir la necesidad de alimentos en aquellas localidades en las que no es factible su producción, por diversas condiciones, como por ejemplo clima, suelo, control de plagas, enfermedades etc. Se fundamenta también por su aporte teórico y práctico, ya que propone la evaluación de tres cultivares de

Lactuca sativa L., las cuales serán sometidas a experimento en un sistema hidropónico de tipo raíz flotante, y nos permitirá obtener resultados sobre su producción.

Respecto a la trascendencia, la presente investigación nos permitió generar conocimiento acerca de la evaluación de producción de tres cultivares de lechuga, en dos densidades de siembra diferentes, en sistema hidropónico a raíz flotante. Este conocimiento contribuirá la creación otros proyectos con fines similares, y eventualmente como fuente de consulta para la ejecución de proyectos en el ámbito regional, provincial y distrital como alternativa de cultivo.

La presente investigación se planteó como objetivo: evaluar el efecto de dos densidades de siembra en la producción final de tres cultivares de *Lactuca sativa* L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante, y se ejecutó en el distrito Veintiséis de Octubre, Provincia de Piura.

CAPÍTULO I

ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Para satisfacer las necesidades de alimentos a la población sobre todo de hortalizas, se requiere disponer de tierras agrícolas y tecnología. La producción convencional de hortalizas cada vez hace uso intensivo de agroquímicos, afectando los recursos, suelos, agua, aire y sobre todo la salud de los consumidores llevando a incrementar los costos de producción. La limitante del recurso hídrico, agua de buena calidad, suelos degradados por sales contribuyen a una disminución de las tierras para el desarrollo de los cultivos. Además, hay un desconocimiento de las tecnologías, desde el uso de contenedores, preparación de soluciones nutritivas, manejo del cultivo bajo condiciones de hidroponía.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1. Problema General

¿Cómo afecta el uso de dos densidades de siembra en la producción final de tres cultivares de *Lactuca sativa* L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante, en el distrito Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, al año 2022?

1.2.2. Problemas Específicos

- a. ¿Cómo afecta el uso de dos densidades de siembra en el rendimiento de tres cultivares de *Lactuca sativa* L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante?
- b. ¿Cómo afecta el uso de dos densidades de siembra en las características agronómicas de tres cultivares de *Lactuca sativa* L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante?
- c. ¿Cómo afecta el uso de dos densidades de siembra en la rentabilidad de la producción final de los tres cultivares de *Lactuca sativa* L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó con la finalidad de evaluar el efecto de dos densidades de siembra sobre la producción final de tres cultivares de *Lactuca Sativa* L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante, en el distrito Veintiséis de Octubre, Provincia de Piura. Es preciso indicar que mediante esta técnica de cultivo se pueden producir hortalizas de muy buena calidad y además se optimiza el uso del agua e insumos y mano de obra.

La hidroponía se plantea como el método más intensivo de producción hortícola. Conforme señalan Rodríguez y Chang (2017), las perspectivas para el futuro de este sistema de cultivo son grandes, debido a que en la horticultura intensiva se presentan problemas como la escasez de recursos hídricos y presencia de suelos progresivamente salinos y contaminados. Esta técnica permite ayudar a solucionar problemas de disponibilidad de alimentos frescos y sanos, lo cual permite proveer a localidades que no cuentan con tierras adecuadas para el desarrollo de dicho cultivo. A esto se le conoce como hidroponía popular, la cual permite adaptaciones tecnológicas que puedan permitir el empleo de materiales locales o de aquellos que se puedan reciclar.

Esta alternativa de cultivo en sistema hidropónico cobra relevancia social porque contribuye a la producción de alimentos (hortalizas) y con ello cubrir la necesidad de alimentos en aquellas localidades en las que no es factible su producción, por diversas condiciones (clima, suelo, control de plagas, enfermedades etc.)

Se fundamenta también por su aporte teórico y práctico, ya que propone la evaluación de dos densidades de siembra sobre la producción final de tres cultivares de *Lactuca sativa* L. (Great Lakes, Red Salad Bowl y Waldman Green), las cuales serán sometidas a experimento en un sistema hidropónico de tipo raíz flotante, en base a ello se obtuvieron resultados sobre la producción. Se analizó puntualmente el efecto en las variables de rendimiento (número de hojas y peso fresco total), y características agronómicas (altura de planta, longitud de la raíz, diámetro de la planta, peso de la raíz y peso de la planta), y finalmente se determinó la rentabilidad de la producción de cada cultivar.

Godoy (2001) citado por Vásquez y Rogel (2018), sostiene que, en algunos países como Chile, Costa Rica, Colombia, Nicaragua y El Salvador, se han ejecutado proyectos bajo sistema hidropónico, con lo cual se ha contribuido a mejorar la calidad de vida de las personas, siendo en su mayoría mujeres de aquellas comunidades beneficiadas, ya que por medio de las microempresas hidropónicas son auto sostenibles, y sus productos obtenidos son de mejor calidad que aquellos cultivados en el sistema convencional.

El crecimiento y desarrollo del cultivo de la lechuga. depende primordialmente del suministro hídrico, la fijación carbónica y de la regulación en la nutrición mineral. Conforme se señala en Rodríguez et al. (2004), en el sistema hidropónico de raíz flotante, el problema más frecuente es que la solución nutritiva empleada sufra modificaciones tanto en el contenido de sales (conductividad eléctrica) como en la acidez (pH), afectadas principalmente por condiciones ambientales. Agrega, además, que la concentración de la solución hidropónica, condiciona claramente tanto la nutrición mineral como la propia absorción del agua. Por tanto, es importante conocer la composición química del agua para decidir si es posible su uso para fines de producción y, consecuentemente, la preparación de una solución nutritiva adecuada para el cultivo y evitar problemas con la acumulación excesiva de algunos compuestos.

La investigación cobra trascendencia en el sentido de que nos ha permitido generar conocimiento acerca de la evaluación de la aplicación de dos densidades de siembra sobre la producción final de tres cultivares de lechuga, en sistema hidropónico a raíz flotante. Este conocimiento servirá de base o apoyo para la creación otros proyectos con fines similares, y eventualmente como fuente de consulta para la ejecución de proyectos en diferentes ámbitos como alternativa de cultivo.

1.4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto dos densidades de siembra sobre la producción final de tres cultivares de *Lactuca sativa* L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante, en el distrito Veintiséis de Octubre, Provincia de Piura, año 2022.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Determinar el efecto de dos densidades de siembra en el rendimiento de tres cultivares de *Lactuca sativa* L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante.
- b. Evaluar el efecto de dos densidades de siembra en las características agronómicas de tres cultivares de *Lactuca sativa* L., en sistema hidropónico a raíz flotante.

- c. Determinar la rentabilidad de la producción final de los tres cultivares de *Lactuca sativa* L., empleando dos densidades de siembra diferentes, bajo sistema hidropónico a raíz flotante.

1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Delimitación espacial

La instalación del cultivo hidropónico de *Lactuca sativa* L., tuvo como delimitación espacial el distrito Veintiséis de Octubre, ubicado en la Provincia de Piura, Región Piura, a 36 m. s. n. m, teniendo una Latitud -5.18472 y Longitud: -80.6703 5° 11' 5" Sur, 80° 40' 13" Oeste.

1.5.2. Delimitación temporal

La investigación como delimitación temporal fue del mes de mayo del 2022 a julio 2022. Se sembró el 14 de mayo y se cosechó en 50 días (7 semanas aproximadamente).

1.5.3. Delimitación conceptual

La investigación con limitación conceptual dos grandes variables; la primera producción de tres cultivares de *Lactuca sativa* L., y la segunda es la densidad de siembra a evaluar, bajo uso de sistema hidropónico a raíz flotante.

En el experimento se evaluó tres cultivares de lechuga: Great Lakes, Red Salad Bowl y Waldman Green. Estos cultivares, fueron sembrados empleando dos densidades de siembra diferentes. Es preciso indicar que se suministró la solución nutritiva compuesta (A-B-C) de la empresa "Hidropónika". Se evaluó los indicadores de rendimiento (número de hojas y peso fresco); y características agronómicas (altura de la planta, longitud de la raíz, diámetro de la planta y peso de la raíz). Finalmente se determinó la rentabilidad de la producción de los tres cultivares.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Internacionales

A nivel internacional, encontramos la investigación de Barrios (2004), denominada “Evaluación del cultivo de la lechuga *Lactuca sativa* L., bajo condiciones hidropónicas en Pachalí, San Juan Sacatepéquez”. Desarrollado en el país Guatemala.

En dicha investigación el autor plantea como objetivo principal “Evaluar la respuesta de tres variedades de lechuga *Lactuca sativa* L., cultivadas en dos sustratos bajo condiciones hidropónicas”, con el propósito de establecer el mejor sustrato y la mejor variedad de lechuga en rendimiento por unidad experimental desde el punto de vista agronómico y económico. Se evaluaron los sustratos líquido y sólido (50 % de arena blanca y 50 % de cascarilla de arroz), en cada uno de los sustratos se establecieron las variedades de lechuga Salinas, Bounty y Grand Rapids.

El experimento se realizó en la finca del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), ubicada en la aldea Pachalí, San Juan Sacatepéquez, Guatemala y tuvo una duración de 50 días; 22 días en semillero y 28 días en cajas ya sea con sustrato sólido o líquido según el tratamiento. De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda el cultivo de lechuga en sustrato sólido pues se obtienen 2.88 kilogramos de lechuga por 0.36 m²; en este sustrato la mayor rentabilidad (172.50 %). Así mismo concluye que el rendimiento de cada variedad es diferenciado, obteniéndose un mayor rendimiento en la variedad Grand Rapids.

En esa misma línea encontramos la investigación de Vera (2008), denominada “Adaptación y comportamiento agronómico de diferentes híbridos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) sembradas mediante sistemas hidropónicos de raíz flotante en la zona de Babahoyo-Ecuador”

En dicha investigación se plantea como objetivo principal “Evaluar el comportamiento agronómico de cuatro diferentes híbridos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) sembradas mediante sistemas hidropónicos de raíz flotante. Se

evaluaron las variedades cultivares “Americana”, Hardy, White Boston y Amorix”, en condiciones hidropónicas usando la solución nutritiva la Universidad Nacional Agraria la Molina.

Del experimento se obtuvieron los siguientes resultados: los promedios de peso de las plantas fueron: 372.24 g. (Americana). 253.52 g. (Hardy). 210.96 g. (White Boston) y 190.35 g. (Amorix); el rendimiento se expresó en t/ha, cuyos datos son $74.4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, $50.7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, $42.2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. y $38 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, estos datos expresados en $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ son: 7.44, 5.07, 4.22 y 3.8 de cada cultivar respectivamente. Determinándose que el cultivar con mejor rendimiento fue la americana. La altura de planta alcanzó un promedio de 21.68 cm. Para el híbrido Americana, 28.60 cm. Para el híbrido Hardy, 32.58 cm. Para el híbrido White Boston y 20.38 cm. Para el híbrido Amorix. El promedio del número de hojas fue: Americana 31.48, Hardy 54.58, White Boston 39.43 y Amorix 36.28.

También podemos citar el estudio de Aruquipa (2008), denominado “*Producción de cuatro variedades de lechuga (Lactuca sativa L.), bajo dos sustratos (sólido y líquido), en el municipio de El Alto*”, desarrollado en la Paz Bolivia.

La investigación se realizó teniendo como objetivo principal “Demostrar cuál de las alternativas planteadas tienen mejor respuesta para la producción de variedades de lechuga, en el sistema de producción hidropónico, con el uso de dos sustratos (sólido y líquido); sin la aplicación de pesticidas, en cuatro variedades de lechuga, y además dar a conocer la adaptabilidad y los rendimientos de las diferentes variedades.

El autor utilizó cuatro variedades de lechuga (*Lactuca sativa L.*): Grand Rapid TBR, Waldman Green, White Boston y Borde Morado, y dos sustratos, (sólido y líquido) para la preparación del sustrato sólido se utilizó: arena (40%), cascarilla de arroz (40%) y aserrín (20%), y en el sustrato líquido solo se utilizó agua potable, y para la nutrición de las variedades de lechuga se utilizaron dos soluciones nutritivas. Los resultados demuestran que en el sustrato líquido (medio líquido), el rendimiento de la variedad de Borde morado fue de $4.76 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$, White Boston ($3.95 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$), Waldman Green ($3.08 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$) y Grand Rapids ($3 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$).

2.1.2. Antecedentes Nacionales

A nivel nacional se revisó el trabajo de investigación de Pereda (2015), denominada “Evaluación del rendimiento de tres cultivares de *Lactuca sativa* L., en sistema hidropónico a raíz flotante, en Santiago de Chuco La Libertad”. En dicha investigación se evalúan tres cultivares: Great Lakes 659, Waldman Green y White Boston. Se utilizó un diseño de Bloques completos al azar con tres repeticiones con una densidad de siembra de 17 cm. x 20 cm. Para el análisis de resultados se utilizó un análisis de varianzas (ANVA). Entre los resultados se determinó que no existen diferencias en el rendimiento, es decir no hay variaciones significativas en los pesos. En cuanto a la altura el cultivar Waldman Green registró la mayor altura, mientras el cultivar White Boston, registró el mayor número de hojas. En cuanto al diámetro y área foliar no se registraron diferencias significativas.

También podemos citar el estudio de Inga (2008), denominado “Comparativo de cuatro variedades de *Lactuca sativa* L., bajo condiciones hidropónico a raíz flotante y su efecto en el rendimiento en Iquitos-Perú”. Dicha investigación planteó como objetivo principal “Determinar el comportamiento de la mejor variedad y su efecto sobre las características agronómicas y el rendimiento en el sistema hidropónico cultivados bajo condiciones de clima tropical”

El estudio se realizó con un diseño experimental, en un diseño de bloques completamente al azar, con 4 tratamientos y 5 repeticiones. Para efecto del análisis comparativo se evaluó como variable dependiente la producción final, en base al rendimiento del cultivo (peso total de las plantas, peso de las hojas comerciales x planta, y peso de la planta x área m²), y a las características agronómicas (altura, número de hojas y largo de las raíces). Como variable independiente se utiliza 4 variedades de *Lactuca sativa* L., Grand rapid, Asterix, Crufia y Pronto, y como solución nutritiva se utilizó la solución compuesta de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Los resultados demostraron que los rendimientos obtenidos presentan respuestas variadas; lo cual se debe fundamentalmente a las características genéticas inherentes a cada variedad, y al efecto diferenciado de la aplicación de la solución nutritiva compuesta. La explicación de las diferencias de producción, sería debido al sistema hidropónico cultivado en la técnica de raíz flotante bajo condiciones ecológicas propias de la Región Iquitos. La variedad que obtuvo la

mayor producción es la Grand rapid con 53.64 g., difiriendo significativamente con la variedad Crufia con 37.872 g. Lo que deja entrever que la adaptabilidad de estas variedades a las condiciones ecológicas resulta fundamental.

También se revisó el estudio de Hidalgo y García (2009), denominado “Comparativo de tres variedades de *Lactuca sativa* L., “lechuga” en condiciones hidropónicas”. Dicha investigación plantea como objetivo principal “Estudiar el comportamiento morfo-productivo de tres variedades de lechuga: Dark Green Boston, White Boston y Americana 1 mesa 659, cultivadas en condiciones hidropónicas”.

La investigación se realizó en el Centro Experimental de cultivo de plantas “sin suelo” de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes. En el experimento se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA), con tres repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por un tubo de PVC de 9 m de largo y 4” de diámetro donde se colocaron las plántulas a un distanciamiento de 0.20 m, se instalaron un total de 9 tubos por bloque distanciados a 0.15 m. El análisis de los resultados se realizó mediante un análisis de varianza y la prueba de significación de Duncan 5%. Las plántulas crecieron a temperaturas que fluctuaban entre 22-27°C y 75-80% H°R. Se aplicó la solución nutritiva inorgánica propuesta por el Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición mineral de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Mediante los resultados se demostró que la variedad Americana 1 mesa 659 destacó sobre las variedades Dark Green Boston y White Boston en los diferentes parámetros morfoproductivos evaluados; cosechándose productos de excelente calidad, el rendimiento obtenido en peso fresco de la parte comestible fue de 9.38 kg/m² (Dark Green Boston); 4.50 kg.m² (White Boston); y 4.00 kg.m² (Americana 1 mesa 659).

Es preciso señalar, que las investigaciones tanto a nivel internacional como a nivel nacional que tienen como principal factor de variación a los cultivares de *Lactuca sativa* L., son escasas. Conforme a la revisión de antecedentes se determinó que la mayor parte de estudios emplean como principal factor de variación las soluciones nutritivas y el tipo de sistema hidropónico empleado.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Morfología de la lechuga

De acuerdo a Ixcajoc (2017), la lechuga es una planta herbácea, anual y bianual, que cuando se encuentra en su etapa juvenil contiene en sus tejidos un jugo lechoso de látex, cuya cantidad disminuye con la edad de la planta. Se reporta que las raíces principales de absorción se encuentran a una profundidad de 5 a 30 centímetros. La raíz principal llega a medir hasta 1.80 metros, por lo cual se explica su resistencia a la sequía. Llega a tener hasta 80 cm de altura.

Respecto a las hojas de la lechuga, el autor las describe como lisas, sin pecíolos (sésiles), arrosetadas, ovales, gruesas, enteras y las hojas caulinares son semiamplexicaules, alternas, auriculado abrazadoras; el extremo puede ser redondo rizado. Su color va del verde amarillo hasta el morado claro, dependiendo del tipo de cultivar. El tallo es pequeño y no se ramifica; sin embargo, cuando existen altas temperaturas (mayor de 26 °C) y días largos (mayor de 12 horas) el tallo se alarga hasta 1.20 m de longitud, ramificándose el extremo y presentando cada punta de las ramillas terminales una inflorescencia.

Por otro lado, también indica que la inflorescencia está constituida de grupos de 15 a 25 flores, las cuales están ramificadas y son de color amarillo. Las semillas son largas (4-5 mm), su color generalmente es blanco crema, aunque también las hay pardas y castañas; cabe mencionar que las semillas recién cosechadas por lo general no germinan, debido a la impermeabilidad que la semilla muestra en presencia de oxígeno, por lo que se han utilizado temperaturas ligeramente elevadas (20 a 30 °C) para inducir la germinación. El fruto de la lechuga es un aquenio, seco y oblongo.

2.2.2. Taxonomía de la lechuga

De acuerdo a Infoagro (2008), la lechuga presenta la siguiente taxonomía:

Tabla 2.1
Taxonomía de la lechuga (Lactuca sativa L.)

Taxonomía	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Asterales
Familia:	Asteraceae
Subfamilia:	Cichorioideae
Tribu:	Lactuceae
Genero:	<i>Lactuca</i>
Especie:	<i>Sativa L.</i>
Nombre científico:	<i>Lactuca sativa L.</i>

Fuente: Infoagro (2008), *El cultivo de lechuga*.

2.2.3. Variedades de lechuga

De acuerdo a Vásquez (2015), por su forma de crecimiento las lechugas pueden clasificarse en tres tipos: las lechugas de cabeza o también llamadas “lechugas arrepolladas”; las de “hoja suelta” las cuales no forman una cabeza compacta y las de tipo cos o también llamadas “orejonas”, debido a que forman una cabeza ovalada que es intermedia entre la lechuga de cabeza y la de hoja suelta.

Entre las principales variedades botánicas de lechuga, se pueden indentificar 5 grandes grupos. A continuación se realiza una breve descripción:

2.2.3.1. Variedad Crispa

Esta variedad corresponde a las lechugas de cabeza. Conforme a Saavedra et al. (2017), en este grupo se distinguen dos subtipos: las llamadas Iceberg, que forman una cabeza compacta, y las Batavia, que forman una cabeza menos densa. Este tipo forma numerosas hojas de borde irregularmente recortado (crespo); las externas se disponen abiertamente y las más nuevas e internas forman un cogollo o grumo central compacto, llamado cabeza. Las lechugas de este tipo son de mayor tamaño, pudiendo llegar a pesar más de 1 kg, y presentan un período siembra a cosecha largo (más de 100 días). Existe una amplia disponibilidad de cultivares, siendo los más representativos Climax, Empire, Great Lakes 659, Great Lakes 118, Merit, Mesa 659, Minetto, Salinas y Vanguard.

Figura 2.1: Variedad de lechuga Crispa, cultivar Climax



Fuente: Portal Hydro Environment (<https://www.hydroenv.com.mx/>)

2.2.3.2. Variedad Capitata

Esta variedad produce una cabeza menos compacta que las de tipo iceberg (cabeza compacta). Según Saavedra et al. (2017), presenta hojas amplias, lisas, relativamente delgadas, orbiculares y con una textura suave y aceitosa. En general, esta variedad comprende cultivares de menor tamaño de planta y de ciclo vegetativo más corto (55 a 70 días) que las otras variedades, por lo que en algunos países son los más usados para la producción en invernadero. Entre los principales cultivares encontramos: Milanesa (sinónimos: Gallega o Parker), Francesa, Maravilla de Cuatro Estaciones, Reina de Mayo, Trocadero y White Boston (Sinónimo: Española).

Figura 2.2: Variedad de lechuga Capitata, cultivar White Boston



Fuente: Portal gettyimages (<https://www.gettyimages.es>)

2.2.3.3. Variedad Acephala

También llamadas lechugas de hoja suelta. De acuerdo a Saavedra et al. (2017), este tipo no forma repollo ya que las hojas están dispuestas de manera suelta y no envolvente. A pesar de poder ser comercializadas enteras, también se realizan cosechas de las hojas individualmente. Los cultivares más tradicionales son Grand Rapids, Lollo Rossa, Salad Bowl, Waldman Green, Simpson y Red Sails.

Figura 2.3: *Variedad de lechuga Acephala, cultivar Grand Rapids*



Fuente: Portal web super (<https://superb.com.gt/>)

2.2.3.4. Variedad Longifolia

Conocida como la romana o lechuga tipo cos. Según Velásquez (2019), esta variedad Posee hojas grandes, elongadas, erguidas y gruesas con nervaduras prominentes. Se forma una cabeza cónica o cilíndrica por su disposición erecta, esta variedad no forma un verdadero repollo. Llegan a pesar hasta 750 gramos. Los cultivares más conocidos son Conconina, Corsica, Costina Abarca, Parris Island, Romabella, Odessa y Oreja de Mulo.

Figura 2.4: Variedad de lechuga Longifolia, cultivar Parris Island



Fuente: Portal Planetas semillas (<https://planetasemilla.es/>)

2.2.3.5. Variedad Augustana

Son las lechugas espárrago o de tallo cultivadas mayormente en China. De acuerdo a Velásquez (2019), en este tipo se utiliza principalmente el tallo carnoso y también las hojas, que pueden presentar color verde o rojizo. Presenta un hábito más alto que las otras variedades como resultado del desarrollo de entrenudos más largos en su tallo, con las hojas dispuestas libremente, sin formar cogollo o grumo. Sus hojas son angostas (4 a 6 cm.), lanceoladas y largas.

Figura 2.5: Variedad de lechuga Augustana, Cultivar de tallo



Fuente: Portal dreamstime (<https://es.dreamstime.com/>)

2.2.4. Definición de hidroponía

La hidroponía, de acuerdo a Ramírez (2017) es un conjunto de técnicas que permite el cultivo y manejo de plantas en un medio que no necesita de suelo. La palabra hidroponía deriva del griego hidro (agua) y ponos (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. Sin embargo, en la actualidad se utiliza para referirse al cultivo sin suelo. El rendimiento de los cultivos hidropónicos puede duplicar o más al de los cultivos en suelo. Un cultivo hidropónico es un sistema altamente repetible, en consecuencia, se ha constituido en una herramienta valiosa para la investigación y la enseñanza.

Por su parte, Beltrano y Giménez (2015) agregan que el cultivo en sistema hidropónico se presenta como una solución a la creciente disminución de las zonas agrícolas, producto de la contaminación, la desertización, el cambio climático y el crecimiento desproporcionado de las ciudades. La hidroponía permite en estructuras simples o complejas producir plantas principalmente de tipo herbáceo aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos, invernaderos climatizados o no, navíos, búnkeres, centros hidropónicos submarinos, entre otros.

2.2.5. Ventajas y desventajas de la hidroponía

2.2.5.1. Ventajas del cultivo en hidroponía

La hidroponía permite atender necesidades alimenticias sin pensar en grandes emprendimientos, ya que podemos lograr cultivos hidropónicos en casa, en el jardín o en la azotea ya sean hortalizas, flores y hasta pequeños arbustos o frutillas, permitiendo obtener los productos para una alimentación saludable y con una buena forma de terapia ya que ayuda a bajar los altos niveles de estrés. Una de las ventajas que tiene la hidroponía sobre el cultivo en tierra es que permite una mayor concentración de plantas por metro cuadrado. Esto es muy notorio cuando cultivamos plantas como por ejemplo fresas y lechugas, así como también al cultivar forraje hidropónico. “Existe un control sobre la nutrición vegetal gracias al uso de soluciones nutritivas; permitiendo obtener un fruto estandarizado, de mejor tamaño y calidad” (Beltrano y Giménez, 2015)

Al respecto, agregan que, en muchos casos, el tiempo de desarrollo de la planta se acorta, como, por ejemplo, en las lechugas, donde en tierra su ciclo antes del

consumo es de aprox. 3.5 meses, cuando en hidroponía, en la técnica hidropónica de raíz flotante las podemos cultivar en tan solo 1.5 meses a partir de su germinación. Un cultivo hidropónico consume una cantidad mucho menor de agua que un cultivo en tierra, ya que en el cultivo en tierra el 80 % del riego se infiltra a las capas inferiores del terreno y otro porcentaje del riego se evapora; mientras que en un cultivo hidropónico se evita totalmente la infiltración del agua, así como gran parte de la evapotranspiración, ya que el cultivo se realiza en general en locales cerrados, con humedad relativa elevada.

Guerrero et al. (2020), argumentan que, al cultivar por hidroponía, se obtienen cultivos con mejor sanidad y calidad. Es por esto que es tan importante trabajar sobre un sustrato desinfectado, ya que la hidroponía nos da la oportunidad de trabajar sobre un medio estéril, lo cual es valorado por los consumidores. El producto hidropónico se coloca muy bien en cualquier mercado gracias a sus características distintas como color, sabor y tamaño, además de mayor vida en anaquel.

De acuerdo a Zarate (2014) entre las ventajas encontramos:

- Cultivos libres de parásitos, bacterias, hongos y contaminación.
- Reducción de costos de producción.
- Independencia de los fenómenos meteorológicos.
- Permite producir cosechas en contra estación
- Menos espacio y capital para una mayor producción.
- Ahorro de agua, que se puede reciclar.
- Ahorro de fertilizantes e insecticidas.
- Se evita la maquinaria agrícola (tractores, rastras, etcétera).
- Mayor precocidad de los cultivos.
- Alto porcentaje de automatización.
- Mejor y mayor calidad del producto.
- Altos rendimientos por unidad de superficie
- Aceleramiento en el proceso de cultivo
- Posibilidad de cosechar repetidamente la misma especie de planta al año
- Ahorro en el consumo del agua
- Productos libres de químicos no nutrientes.

2.2.5.2.Desventajas del cultivo hidropónico sobre los cultivos en tierra

La hidroponía, al igual que otras formas de cultivo, cuentan con algunas desventajas que son casi imperceptibles, como el costo inicial el cual resulta algo elevado, y el requerimiento de conocimiento especializado para llevar adelante la producción. Sin embargo, estos puntos se pueden superar mediante un proceso de aprendizaje y acompañamiento en el primer cultivo. De esta forma cualquier persona puede aprender el proceso de siembra y replicarlo.

Sobre este punto Ramírez (2017), citando a Rodríguez y Chang (2017) resaltan las siguientes desventajas:

- Elevados costos de producción e instalación inicial
- Desconocimiento del manejo agronómico
- Falta de experiencia de soluciones nutritivas.

2.2.6. Sistemas para hidroponía

En hidroponía existen diferentes sistemas, los cuales se detallan a continuación:

2.2.6.1. Sistema hidropónico cerrado

Conforme se señala en Mendoza (2015), este sistema recicla la solución nutritiva y la concentración de nutrientes en la solución es vigilada y ajustada, en consecuencia; mantener el balance de nutrientes en este tipo de sistemas hidropónicos es un reto y la solución hidropónica de nutrientes tiene que ser probada y analizada cada semana. La composición de la solución nutritiva tiene que ser ajustada según los resultados.

2.2.6.2. Sistema hidropónico abierto

En los sistemas hidropónicos abiertos se introduce una solución fresca de nutrientes en cada ciclo de riego sobre el sustrato. De acuerdo a Mendoza (2015), “en estos sistemas el medio de crecimiento y/o soporte de la planta está constituido por sustancias de diverso origen, orgánico o inorgánico, inertes o no inertes es decir con tasa variable de aportes a la nutrición mineral de las plantas”. Podemos ir desde sustancias como perlita, vermiculita o lana de roca, materiales que son consideradas

propiamente inertes y donde la nutrición de la planta es estrictamente externa, a medios orgánicos realizados con mezclas que incluyen turbas o materiales orgánicos como corteza de árboles picada, cáscara de arroz etc. que interfieren en la nutrición mineral de las plantas.

2.2.6.3. Sistema hidropónico de raíz flotante

De acuerdo con Barrios (2004), el sistema hidropónico de raíz flotante en agua, por definición, es el auténtico cultivo hidropónico. El sistema de raíz flotante fue uno de los primeros sistemas hidropónicos que se utilizó tanto a nivel experimental como a nivel de producción comercial, el cual maximiza la utilización del área de cultivo. En este tipo de sistema hidropónico, las plantas están soportadas en una plancha de tecnopor perforada para permitir el paso de las raíces hacia el medio líquido (solución nutritiva).

Las hortalizas aprovechables por sus hojas que con frecuencia son cultivadas de esta forma son: lechuga, albahaca, apio, etc. Principalmente, porque estos cultivos tienen la capacidad de adaptar sus raíces, absorbiendo eficientemente el oxígeno disuelto en la solución nutritiva. Este sistema ha sido probado en diferentes lugares con fines comerciales y su funcionamiento básico sigue vigente hasta la actualidad. A nivel comercial se realizaron una serie de mejoras fundamentales relacionadas principalmente al factor limitante que es la oxigenación.

2.2.7. Etapas del sistema hidropónico a raíz flotante

El sistema de raíz flotante consta de tres etapas que son almácigo, post almácigo y trasplante definitivo; sin embargo, en algunas ocasiones se obvia la etapa de post almácigo quedando únicamente dos etapas; almácigo y trasplante definitivo. Para el caso de la lechuga el tiempo en almácigo varía entre 2-3 semanas, en post almácigo varía desde 2-3 semanas nuevamente y finalmente para la última etapa trasplante definitivo el tiempo dura aproximadamente 4 semanas (Chang, Hoyos, y Rodríguez, 2000)

2.2.7.1. Semillero o almácigo

Tal como se describe en Soria (2012), consiste en un pequeño espacio al que se le proporcionan las condiciones óptimas para garantizar la germinación de las semillas, el nacimiento y el crecimiento inicial de las plántulas. Para el almácigo se puede utilizar sustratos preparados como arena fina + cascarilla de arroz a una relación 1:1; el sustrato no debe tener partículas muy grandes ni pesadas, porque estas no permitirían la emergencia de las plántulas recién germinadas. Las condiciones de humedad deben de ser controladas, ya que las semillas y las plántulas recién germinadas no se desarrollarían sino tienen la cantidad de agua suficiente. El sustrato usado para hacer los almácigos debe ser muy suave, limpio y homogéneo. El sustrato se debe nivelar muy bien para que al trazar los surcos y depositar las semillas no queden unas más profundas que otras; esto afectaría la uniformidad de la germinación y del desarrollo inicial. Un aspecto muy importante es que no se deben hacer los almácigos en tierra para luego trasplantarlos a sistemas hidropónicos con sustratos sólidos o líquidos.

Por su parte, Barrios (2014), sostiene que en el semillero se trazan las líneas o surcos con una regla a una distancia de 5 cm. a una profundidad de 0.5 cm. se ponen las semillas una por una dentro del surco o hilera a 1 cm. entre plantas (semilla). Luego de sembradas las semillas se presiona suavemente el sustrato para expulsar el exceso de aire que pueda haber quedado alrededor de la semilla y aumentar el contacto de la misma con el sustrato. Después se riega nuevamente y se cubre el almácigo con papel periódico en épocas normales y con papel + plástico negro en épocas de temperaturas muy bajas, para acelerar el proceso de germinación. Durante los primeros días después de la siembra, el almácigo se riega una a dos veces por día para mantener húmedo el sustrato, hasta la germinación. El mismo día en que ocurre la emergencia de las plántulas se descubre el germinador y se deja expuesto a la luz, debiéndose proteger de los excesos de sol o del frío con una sencilla cobertura en las horas de mayor riesgo de deshidratación o de heladas. Sí el destapado del germinador no se hace a tiempo (el día que emergen las primeras hojas), las plantitas se estirarán buscando la luz y ya no servirán para ser

trasplantadas. Estas plantas con tallos con apariencia de hilos blancos nunca serán vigorosas ni darán lugar buenas.

Agrega, además, que a partir de la germinación debe regarse diariamente utilizando solución nutritiva (50% de la solución concentrada total). Dos veces por semana se escarda (que consiste en romper la costra superficial que se forma en el sustrato por efecto de los riegos continuos) y se aporca, para mejorar el anclaje y desarrollo de sus raíces. Teniendo muy en cuenta estos cuidados se previenen y controlan las plagas que pudieran presentarse hasta que las plantas lleguen al estado ideal de ser trasplantadas en los contenedores definitivos. Unos tres a cinco días antes del trasplante o post almacigo se disminuye la cantidad de agua aplicada durante los riegos y se le da mayor exposición a la luz. Esta fase permite dar las condiciones para que se consoliden mejor sus tejidos y se preparen las plántulas para las condiciones del sistema de raíz flotante o sustrato sólido que afrontaran cuando hayan sido trasplantadas. Para lograr con éxito este paso es muy importante no suspender el suministro de nutrientes, ni las escardas, solamente se disminuye la cantidad de agua y se expone al sol.

2.2.7.2. Post almacigo

En esta etapa, según Chang, Hoyos, y Rodríguez (2000), se construyen los contenedores de acuerdo a la cantidad de lechuga que se va a producir. Las planchas de tecnopor se miden de acuerdo al contenedor y en donde se hacen los orificios a una distancia de 5 cm en forma triangular por medio de un tubo caliente de 1.5 cm de diámetro. Una vez teniendo listo el contenedor para el trasplante se llena de agua hasta alcanzar una profundidad de 10 cm a la que se le agrega el 75% de la solución concentrada total. El trasplante se realiza en las planchas de tecnopor, colocando una planta por cada agujero. Las plantas son sostenidas en cada agujero por medio de una esponja del mismo diámetro. Estas plantas permanecen en esta etapa por un periodo de dos semanas (12 – 14 días) y de esta forma se adaptan las plantas al sistema de producción raíz flotante. El trasplante se debe realizar en las horas de la tarde y así evitar estrés a las plantas.

2.2.7.3. Trasplante definitivo

Esta etapa comienza cuando se trasplantan las plántulas del post almacigo a contenedores más grandes generalmente de 1 m. x 1 m. x 0.10 m. y se requiere planchas de tecnopor de 1“ o 1 ½” con orificios hechos en forma similar como la descrita en la etapa anterior, sólo que el diámetro y las distancias de éstos son mayores porque aquí el cultivo adquiere mayor desarrollo hasta la cosecha. El diámetro de los orificios es de 2.5 cm. y la distancia entre éstos es de 17 a 20 cm. para el cultivo de lechuga; para un área de un metro cuadrado se pueden colocar entre 25 a 30 lechugas (Chang, Hoyos, y Rodríguez, 2000).

También se recomienda realizar la recolección de las plantas muy temprano en las mañanas o en las tardes, retirándole las hojas basales secas y dañadas, en cuanto a la comercialización expresan que la lechuga se puede comercializar como planta viva, es decir, colocando la planta con sus raíces en recipientes que contengan agua. Asimismo, la planta se puede embalar individualmente en bolsas plásticas.

2.2.8. Nutrición mineral en hidroponía

De acuerdo a Gilzans (2007), la nutrición de las plantas es de suma importancia. Para conseguir que la planta tome los nutrientes de forma óptima es necesario que estos se encuentren en concentraciones y relaciones adecuadas en la disolución fertilizante o solución nutritiva. De esta forma se evitan fenómenos negativos como efectos osmóticos y antagónicos que perturban la absorción de nutrientes por la planta. En general se usan soluciones de aplicación general, que luego, a través de la experiencia y la práctica, se van especializando para un cultivo, para una etapa del cultivo y/o variedad.

2.2.9. Solución nutritiva

Alveal y Campos (2014), definen solución nutritiva como, el conjunto de elementos nutritivos requeridos por las plantas, disueltos en agua. Se ha probado que para el crecimiento y desarrollo de las plantas son necesarios los elementos como: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre, magnesio, hierro, manganeso, boro, cobre, zinc, molibdeno, cloro y níquel.

En un sistema hidropónico, con excepción del carbono, oxígeno e hidrógeno, todos los elementos esenciales son suministrados por medio de una solución nutritiva y en forma asimilable por las raíces de las plantas, por lo tanto, se considera un prerequisite la solubilidad de los iones esenciales en el agua.

Rodríguez et al. (2001), expresa que para preparar la solución nutritiva se debe tomar en cuenta la concentración de macro y micro nutrientes en el agua. Generalmente el agua contiene calcio, magnesio, azufre y boro, por lo tanto, deben ser considerados al formular la solución nutritiva.

2.2.9.1. Solución nutritiva en sistema de raíz flotante

La solución nutritiva, es quizá la parte más importante de toda la técnica hidropónica. Se trata nada menos que de la alimentación de la planta, que al estar exclusivamente a merced de nuestro acierto en la elección y preparación de los nutrientes que se le suministra, ya que, no dispondrá de la posibilidad que tienen cuando son cultivadas en tierra, de proporcionarse los alimentos y el agua por sus propios medios (Filippetti, 2008, p.8).

La solución nutritiva se prepara con sales minerales, que se disuelven y mezclan en agua, en altas concentraciones; y antes de ser aplicada al cultivo debe diluirse en agua.

De acuerdo a Vera (2008), “las soluciones nutritivas se preparan en base a los requerimientos de las plantas a cultivar, con sales fertilizantes de alta solubilidad, ya que deben permanecer en solución para ser tomadas por las plantas” (p.22). Además de los elementos que los vegetales extraen del aire y del agua (carbono, hidrógeno y oxígeno) ellos consumen con diferentes grados de intensidad los siguientes elementos: nitrógeno, fósforo y potasio en grandes cantidades; azufre, calcio y magnesio en cantidades intermedias; hierro, magnesio, cobre, zinc, boro y molibdeno en cantidades muy pequeñas. Útiles, pero no indispensable para su vida son cloro, sodio, silicio. Innecesarios para las plantas, pero necesarios para los animales que las consumen: cobalto, yodo; mientras que el aluminio es tóxico para el vegetal.

2.2.10. Fuentes fosforadas para preparar solución nutritiva

Conforme señalan Villablanca y Villavicencio (2010), la concentración de fósforo en la materia seca de la planta, varía con el órgano vegetativo y con la fase vegetativa. La concentración más elevada se produce en las hojas del cogollo, presentando en el inicio del acogollado contenido del 0,40%, elevándose al 0,60% a los 90 días después del trasplante. En los 30 días previos a la recolección el contenido de fósforo disminuye hasta el 0,40% por efecto de dilución. En hojas exteriores el contenido de fósforo se mantiene uniforme con valores de 0.35%, a lo largo del ciclo de cultivo.

Sostienen, además, que para preparar una solución nutritiva hay diferentes fuentes de nutrientes ya sea fosforadas, nitrogenadas, etc. que tratan de suplir con los macros y micro elementos, estos se adicionan en mayor y menor cantidad esto varía de acuerdo a la riqueza de estos. Para suplir requerimientos del fosforo tenemos diferentes fuentes químicas fosforadas utilizadas en fertirriego e hidroponía tales como: Ácido fosfórico, Fosfato monoamónico, Fosfato monopotásico.

Sobre el último punto argumentan, que, las fuentes fosforadas generan problemas cuando se mezclan con aguas con altas concentraciones de calcio y magnesio y pH alcalino, provocan la precipitación de fosfatos de Ca y Mg; estos precipitados se van depositando en el fondo del contenedor, como consecuencia se ve afectado el aporte del fosforo a la planta, ya que este se encuentra precipitado y no en la solución nutritiva. Se recomienda elegir fertilizantes fosforados ácidos (ácido fosfórico o fosfato monoamónico) cuando se riega con aguas duras y/o alcalinas.

2.2.10.1 . Fosfato monoamónico

El fosfato monoamónico (12-60-0) requiere una buena agitación para su disolución. Tiene bajo efecto salinizante y reacción ácida. Cuando se usan aguas alcalinas, se aconseja corregirlo con ácido nítrico. (Santos y Rios, 2016).

2.2.10.2 Ácido fosfórico

De acuerdo a Rincón (2010), el ácido fosfórico se utiliza para la aportación de fósforo. Con fertirrigación se ha comprobado la elevada migración de este elemento en profundidad en el suelo, lo que facilita

su absorción por el cultivo respecto a los métodos tradicionales. Su reacción es muy acidificante, por lo que es de gran interés para reducir el pH del suelo o el de las soluciones nutritivas. Tiene mayor grado de salinidad que el fosfato monoamónico.

El ácido fosfórico y el nitrato de calcio son los fertilizantes más problemáticos. Deben incorporarse separadamente. El ácido fosfórico no debe mezclarse con fertilizantes que lleven en su composición calcio, magnesio o hierro. Su reacción con el calcio y magnesio del agua de riego puede producir precipitados de fosfatos de calcio y magnesio. Las fórmulas sulfato tampoco deben de mezclarse con Ca y Mg por que dan lugar a precipitados de sulfatos de calcio y de magnesio (Rincón, 2010, p.131).

2.2.10.3 Fosfato monopotásico

El Fosfato monopotásico puede ser mezclado con cualquier fertilizante soluble con excepción de los fertilizantes a base de calcio y los concentrados de Magnesio. En cultivo Hidropónico normalmente es añadido en el tanque B con los sulfatos y micro elementos. El Fosfato monopotásico tiene un efecto tampón alrededor de 4,5 que ayuda a estabilizar el pH de la solución.

El fosfato monopotásico se trata de un abono de excelentes cualidades físico químicas y nutricionales, pero con un precio muy elevado. En hidroponía puede ser empleado con aguas muy buenas, con escasa presencia de bicarbonatos (donde el empleo de ácido fosfórico hace caer el pH hasta valores extremadamente bajos), una disolución de 0.5 g.l⁻¹ presenta una conductividad eléctrica de solo 375 Ms.cm⁻¹, es un fertilizante que provoca aumentos de CE muy bajos (Alarcón , 2002, p.15).

2.2.11. Factores que afectan la solución nutritiva

Con la finalidad de asegurar resultados satisfactorios con la solución nutritiva se deben controlar los siguientes factores:

2.2.11.1 Calidad del agua

Todas las fuentes de agua naturales contienen algunas impurezas, algunas son benéficas para el crecimiento de las plantas y otras son perjudiciales; si se pretende iniciar un proyecto de hidroponía de tamaño comercial, se debe hacer un análisis químico del agua que se vaya a usar como fuente para evitar posibles problemas nutricionales. El análisis debe contemplar cuando menos: sólidos totales (idealmente no debe sobrepasar los 250 ppm, si el valor es de 3000 ppm no deberá usarse). Cloruros (si los sólidos totales exceden los 500 ppm). Dureza (para ajustar los niveles de calcio y magnesio en la solución nutritiva). Metales pesados (deben estar libres de sulfuros y cloros ya que en ciertas cantidades son tóxicos para las plantas). (Oasis, 2006).

2.2.11.2 Temperatura de la solución

También el éxito de los cultivos hidropónicos también depende la temperatura de la solución nutritiva, este es un punto crítico ya que, si la solución es muy fría, la tasa metabólica de la raíz baja y la absorción de nutrientes también. Esto tiene un efecto de retardo del crecimiento de la planta por debajo de lo deseado. También existen problemas cuando la temperatura es muy alta y esto afecta la absorción mineral, el mejor rango de temperatura está entre 18 °C y 25° C para la mayoría de los cultivos (Furlani, 2003).

2.2.11.3 Oxigenación

De acuerdo a la zona radicular se debe tener muy buena oxigenación, ya que los pelos radiculares requieren oxígeno para realizar sus procesos fisiológicos. En los cultivos en solución, se menciona que el nivel adecuado en la solución nutritiva debe ser entre las 5 a 8 ppm a una temperatura de 15.5 °C de la solución (Keit, 2000)

2.2.11.4 Acides de la solución nutritiva

La planta hidropónicamente se comporta mejor si la solución en que se transportan los nutrientes, y que se encuentra en contacto con sus raíces, es ligeramente ácida; esto significa un pH entre 5.5 y 6.8. Fuera de este rango, algunos minerales, aunque estén presentes en la solución, no podrán ser absorbidos por las raíces. Esto, por supuesto, afectará a la planta. Si el pH de la solución queda lejos del rango recomendado, entonces algunos de los minerales de la solución nunca estarán disponibles para la planta. (Rodríguez , 2004).

En esa misma línea, Calderón (2004), sostiene que cuando se analiza un agua que se va a utilizar para hidroponía puede darse el caso, muy poco común, de que el pH de la misma tenga un valor inferior a 5.8. En este caso se deben de añadir sales alcalinizantes, como por ejemplo el fosfato biamónico o bicarbonato potásico, para realizar el ajuste de pH deseado. “El caso más generalizado es que las aguas para riego tengan el pH superior a 5.8 y normalmente la presencia de los iones bicarbonato, y algo menos los iones carbonato, son los responsables de ello. La forma de bajar el pH de estas aguas de riego consiste en eliminar estos iones y ello se consigue con la adición de ácido”.

Por su parte Gines y Mariscal (2002), agregan que, en la preparación de las soluciones nutritivas inicialmente de debe acondicionar el pH en el rango adecuado para favorecer la mejor disolución de los fertilizantes usados como fuentes. De igual manera se sugiere determinar el pH cada 4 u 8 días y corregirlo en consecuencia. En la solución nutritiva se deben evitarse valores de pH inferiores a 5 (a pH = 4 se dañaría la raíz de la mayoría de los cultivos). También se deben evitar valores superiores a 6.5 donde bajarían drásticamente la disponibilidad de algunos nutrientes.

2.2.11.5 Conductividad eléctrica

Es una medida indirecta de cuantificar la concentración de aniones (nitratos, fosfatos y sulfatos, etc.) o cationes (potasio, calcio, magnesio, etc.). De acuerdo a Oasis (2006), el rango óptimo de conductividad eléctrica para un adecuado crecimiento del cultivo se establece entre 1.5 a 2.5 dSm.cm⁻¹. Cuando la solución nutritiva sobrepasa el límite del

rango óptimo de conductividad eléctrica, se procede a agregar agua o en caso contrario si se encuentra por debajo del rango óptimo, deberá renovarse totalmente, expone. Una CE adecuada será por regla, cuando la diferencia entre ambas sea de una unidad, es decir, que la CE de la salida sea mayor que la de entrada. La CE ideal para cada cultivo puede variar significativamente dependiendo de la especie cultivada y etapa fonológica del mismo.

2.2.11.6 Control de volumen en la solución

De acuerdo a Jones (2014), el fenómeno de evapotranspiración ocasiona que las plantas tomen proporcionalmente mucha más agua que elementos nutritivos de la solución nutritiva, haciendo que con el paso del tiempo se vaya haciendo más concentrada, lo que hace que progresivamente se incremente el pH y la presión osmótica de la solución dificultando con esto la absorción de agua por las raíces. Generalmente las soluciones nutritivas se elaboran con un rango de 0.5 a 2 atmósferas.

Sostiene además que, si la concentración de sales es muy alta, el crecimiento de las plantas se para e incluso puede morir por desecación al salir agua de la raíz. Para mantener la presión osmótica adecuada y los niveles correctos de nutrimentos en la solución basta restituirle periódicamente el agua perdida por la evapotranspiración, esto puede hacerse semanalmente y renovarse periódicamente. La solución que se desecha puede usarse para regar y fertilizar plantas del jardín. El uso de solución nutritiva por tiempo indefinido solo se realiza en unidades de producción comerciales con un control de la concentración y la el monitoreo adecuado de la acumulación de ciertos iones para no tener problemas de toxicidad.

2.3. GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS

- a) **Hidroponía:** es un conjunto de técnicas que permite el cultivo y manejo de plantas en un medio que no necesita de suelo. La palabra hidroponía deriva del griego hidro (agua) y ponos (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. (Ramirez,2017)
- b) **Sistema a raíz flotante:** por definición, es el auténtico cultivo hidropónico, siendo uno de los primeros sistemas hidropónicos que se utilizó tanto a nivel experimental como a

nivel de producción comercial, el cual maximiza la utilización del área de cultivo. En este tipo de sistema hidropónico, las plantas están soportadas en una plancha de tecnopor perforada para permitir el paso de las raíces hacia el medio líquido, donde se encuentra la solución nutritiva (Barrios,2004).

- c) **Almácigo:** consiste en un pequeño espacio al que se le proporcionan las condiciones óptimas para garantizar la germinación de las semillas, el nacimiento y el crecimiento inicial de las plántulas. (Soria, 2012)
- d) **Solución nutritiva:** es el conjunto de elementos nutritivos requeridos por las plantas, disueltos en agua. Entre los elementos necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas encontramos al carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre, magnesio, hierro, manganeso, boro, cobre, zinc, cloro, entre otros. (Alveal y Campos, 2014).
- e) **Densidad de siembra:** la densidad de siembra indica la población o número de plantas por unidad experimental o terreno agrícola, la cual depende de distintos factores, como el tipo de cultivo, condiciones de siembra, región de siembra, tipo de suelo, entre otros (Beltrano y Giménez, 2015).

2.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

2.4.1. Hipótesis General

Una de las dos densidades de siembra tendrá un mejor efecto en la producción final de los tres cultivares de *Lactuca sativa* L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante, en el distrito Veintiséis de Octubre, Provincia de Piura, año 2022.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- a. Una de las dos densidades de siembra tendrá un mejor efecto en el rendimiento de la producción final de los tres cultivares de *Lactuca sativa* L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante.
- b. Una de las dos densidades de siembra tendrá mejor efecto en las características agronómicas de la producción final de los tres cultivares de *Lactuca sativa* L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante.
- c. Una de las dos densidades de siembra reportará una mayor rentabilidad en la producción final de los tres cultivares de *Lactuca sativa* L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante.

2.5. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2.2: Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador
Variable independiente: Densidad de siembra	<p>La densidad de siembra indica la población o número de plantas por unidad experimental o terreno agrícola, la cual depende de distintos factores, como el tipo de cultivo, condiciones de siembra, región de siembra, tipo de suelo, entre otros (Beltrano y Giménez, 2015)</p>	<p>Esta variable se define operacionalmente mediante dos densidades de siembra que se aplicarán a las unidades experimentales, en los tres cultivares de <i>Lactuca sativa</i> L. (Great Lakes, Red Salad Bowl y Waldman Green). En base a ello se generan los seis tratamientos.</p>	<p>Densidad de siembra</p>	<p>Densidad 1: 25 plantas por m² Con una distancia de 20 cm x 20 cm Densidad 2: 34 plantas por m² Con una distancia de 17 cm. x 17 cm.</p>
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador
Variable dependiente: Producción de <i>Lactuca sativa</i> L.	<p>La producción en los cultivos hidropónicos puede ser definida como la 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. (López, 2019)</p>	<p>Esta variable se define operacionalmente mediante el resultado de la cosecha de los tres cultivares de <i>Lactuca sativa</i> L., y se operacionaliza en tres dimensiones fundamentales: rendimiento, características agronómicas y la rentabilidad.</p>	<p>Rendimiento del cultivo</p> <p>Características agronómicas del cultivo</p> <p>Rentabilidad del cultivo</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Número de hojas - Peso fresco - Altura de la planta - Longitud de la raíz - Diámetro de la planta - Peso de la raíz - Peso de la planta - Rentabilidad según cultivar

Elaboración propia.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. ENFOQUE

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo ya que se utilizó un análisis de datos estadísticos provenientes de los resultados del experimento, a través de la aplicación de dos densidades de siembra en tres cultivares de *Lactuca sativa* L., en sistema hidropónico a raíz flotante, se evaluaron los cultivares: Great Lakes, Red Salad Bowl y Waldman Green. Para tal propósito se utilizó un análisis de varianzas (ANVA).

3.2. DISEÑO

La investigación se desarrolló bajo un diseño experimental, con un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con 6 tratamientos y tres repeticiones y la prueba de comparaciones múltiples de Duncan. Los tratamientos consistirán en la evaluación de las dos densidades de siembra, aplicado a tres cultivares de *Lactuca sativa* L.

3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrolló a un nivel explicativo, evaluando el efecto del dos densidades de siembra sobre la producción final de tres cultivares de *Lactuca Sativa* L. Se consideró como variable dependiente a la producción final, medida a través de tres dimensiones: el rendimiento (número de hojas y peso fresco total), las características agronómicas (la altura de la planta, longitud de la raíz, diámetro de la planta, peso de la raíz y peso de la planta), y finalmente la rentabilidad de la producción según cultivar. Como variable independiente el uso de dos densidades de siembra, en tres cultivares, dando origen a los 6 tratamientos.

3.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo aplicada, que pretende la búsqueda y generación de conocimiento con aplicación directa a un problema específico, como es el caso de la producción de alimentos, presentando la evaluación dos densidades de siembra en la producción de tres cultivares de *Lactuca sativa* L, con finalidad de determinar el efecto de dos densidades de siembra sobre el rendimiento, características agronómicas, y la rentabilidad de cada cultivar.

3.5. SUJETO DE INVESTIGACIÓN

El sujeto de investigación fue representado por el cultivo de *Lactuca sativa* L., en los cultivares: Great Lakes, Red Salad Bowl y Waldman Green.

3.6. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

3.6.1. Ubicación del campo experimental

El vivero hidropónico fue instalado en el Distrito veintiséis de octubre, Provincia de Piura, Región Piura. Altitud: a 36 m.s.n.m; Latitud -5.18472 y Longitud: -80.6703 5° 11' 5" Sur, 80° 40' 13" Oeste.

3.6.2. Clima

Los parámetros de clima han sido tomados del **Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú (SENAMHI)**. Es preciso indicar que estos parámetros son importantes durante el crecimiento de la lechuga.

Tabla 3.1

Principales parámetros del clima de la zona.

Parámetro	Indicador
Temperatura máxima promedio	30.3° C
Temperatura mínima promedio	19,4° C
Humedad relativa promedio	83%
Velocidad del viento promedio	29 k/h dirección Sur
Precipitaciones promedio	1,33 mm /mes

Nota: Indicadores para el mes de mayo del 2022.

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú (SENAMHI)

3.6.3. Análisis de agua

El análisis de agua se realizó en el **Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)**, Estación Experimental Vista Florida-Chiclayo.

El resultado analítico de la muestra de agua de red indica que tiene un pH de reacción medianamente alcalina, siendo el contenido de las sales solubles de nivel bajo, siendo el sodio de valor bajo y el RAS de valor bajo, concluyendo que la calidad del agua permite el uso de hidroponía, en el cultivo de lechuga, también para hortalizas de hoja como espinaca, col, etc. (ver Anexo 2: Resultados de análisis de laboratorio para el agua).

3.7. MATERIALES Y EQUIPOS

3.7.1. Equipo de laboratorio

- Balanza analítica
- PH- metro

3.7.2. Instrumentos

- Vasos de precipitación graduados.
- Vernier.
- Cinta métrica

3.7.3. Insumos

a) Semilla de lechuga:

La presente investigación se desarrolló, teniendo como base los siguientes cultivares de *Lactuca sativa* L.

Cultivar Great Lakes:

Época de siembra: recomendable en el otoño e invierno.

Distanciamiento: entre 25 a 30 cm. entre plantas

Cosecha: entre 40 a 60 días después de la siembra

Figura 3.1: Variedad de lechuga Crispa, cultivar Great Lakes



Fuente: Portal Sembrarte (<http://www.sembrarte.com.mx/>)

- **Cultivar Red Salad Bowl**

Época de siembra: recomendable en el otoño e invierno.

Distanciamiento: entre 25 a 30 cm. entre plantas

Cosecha: entre 40 a 60 días después de la siembra

Figura 3.2

Variedad de lechuga Acephala, cultivar Red Salad Bowl



Fuente: Portal tuagricola (<https://tuagricola.com/>)

- **Cultivar Waldman Green**

Época de siembra: recomendable en el otoño, invierno y primavera.

Distanciamiento: entre 25 cm. a 30 cm. entre plantas

Cosecha: entre 40 a 60 días después de la siembra

Figura 3.3: *Variedad de lechuga Acephala, cultivar Waldman Green*



Fuente: Portal belagrociudad (<https://belagrociudad.com.ar/>)

b) Soluciones nutritivas:

Para el desarrollo del experimento se utilizó la solución nutritiva compuesta de la empresa Hidropónica, la cual muestra las siguientes características:

Solución nutritiva de Hidropónica:

Esta solución nutritiva compuesta, consta a la vez de tres soluciones nutritivas (A, B y C), a continuación, se muestra la descripción de cada una de ellas:

Solución nutritiva concentrada A:

En la solución nutritiva concentrada A, se encuentran los siguientes macro elementos: Nitrógeno(N), Fósforo (P) y Potasio (K). Los productos utilizados en la formulación son: Nitrato de Potasio, Nitrato de Amonio y Fosfato Monopotásico.

Preparación: Para preparar la solución nutritiva A, primero debe agitarse el envase y luego diluir la cantidad siguiente:

- Para verduras de hoja y crecimiento vegetativo: 5ml por cada litro de agua seguidamente remueva bien.

Solución nutritiva concentrada B:

En el componente B, se encuentran los siguientes macro elementos: Magnesio (Mg), Azufre (S), Potasio (K) y los siguientes micro elementos: quelado por EDDHA: Hierro (Fe) quelado por EDTA: Manganeso (Mn), Boro (B), Zinc (Zn), Cobre (Cu) y Molibdeno (Mo).

Los productos utilizados en la formulación son:

Sulfato de Magnesio, Quelato de Hierro, Sulfato de Manganeso, Ácido Bórico, Sulfato de Zinc, Sulfato de Cobre, Molibdatos de Amonio y Agente Quelante EDTA.

Preparación: Para preparar la solución nutritiva B, primero debe agitarse el envase y luego diluir la cantidad siguiente:

Para verduras de hoja y crecimiento vegetativo: 2 ml. por cada litro de agua seguidamente remueva bien.

Solución nutritiva concentrada C:

La Solución Nutritiva Concentrada C, contiene los siguientes macro elementos:

nitrógeno (N) y calcio (Ca).

En la solución concentrada A la cantidad de nitrógeno no es suficiente y con esta solución se completa la cantidad requerida. Lo más importante de esta solución C es que se proporciona la cantidad adecuada de calcio.

Producto utilizado para la formulación: Nitrato de Calcio.

Preparación: Para preparar la solución nutritiva C, primero debe agitarse el envase y luego diluir la cantidad siguiente:

- Para verduras de hoja y crecimiento vegetativo: 2 ml. por cada litro de agua seguidamente remueva bien.

La formulación estándar Hidropónica para verduras de hoja con agua de ciudad debe trabajarse con la concentración en ppm siguiente:

Tabla 3.2: Concentración de la solución nutritiva Hidropónica

Elemento	Concentración en ppm*
Nitrógeno	225.00
Fósforo	50.00
Potasio	280.00
Calcio	170.00
Azufre	100.00
Magnesio	50.00
Hierro	3.00
Manganeso	0.65
Boro	0.50
Zinc	0.20
Cobre	0.13
Molibdeno	0.05

Nota: ppm*: partes por millón.

Fuente: Solución nutritiva de Empresa Hidropónica.

3.7.4. Equipos informáticos

a) Software

En la investigación se utilizó como software base el Infostat, para el análisis de varianza (ANVA), y para las comparaciones múltiples de Duncan.

b) Recursos computacionales

- Laptop
- USB
- Impresora

3.7.5. Población

Tabla 3.3.

Distribución de la población en el campo experimental.

Densidad de siembra	Plantas por unidad experimental	por	Unidades experimentales	Total	Distancia entre cada fila	Distancia entre cada planta
Densidad 1	12 plantas por unidad experimental	por	9	108	20 cm.	20 cm.
Densidad 2	17 plantas por unidad experimental	por	9	153	17 cm.	17 cm.
Total			18	261		

Elaboración propia.

3.7.6. Muestra

Se tomaron muestras de 10 lechugas de cada unidad experimental para realizar la medición y evaluación.

3.8. MÉTODO Y PROCEDIMIENTOS

3.8.1. Diseño estadístico

El experimento se realizó en Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con 6 tratamientos y 3 repeticiones con los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza (ANVA), para verificar si existen diferencias significativas entre los tratamientos para cada indicador a evaluar. El análisis de varianza se ajusta a las siguientes características:

La variable de respuesta Y depende de un primer factor (en este caso serán las dos densidades empleadas en las tres cultivares de *Lactuca Sativa* L.), y también depende de la variable bloque (bloque I, II y III). El modelo se ajusta de la siguiente manera:

El modelo lineal aditivo es:

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

Para $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ tratamientos; y para un $j = 1, 2, 3$ bloques

Donde μ = efecto medio global

α_i = el efecto incremental sobre la media causado por el nivel i del factor tratamiento

β_j = el efecto incremental sobre la media causado por el nivel j del bloque

ϵ_{ij} = error experimental

La aleatorización de los tratamientos se muestra en el croquis del área experimental (Figura 9)

Se plantea la siguiente hipótesis:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$$

$$H_1 = \text{al menos una de las medias sea diferente}$$

Nivel de significancia (α)=0.05

La hipótesis nula indica que las medias de los tratamientos sean iguales, contra la hipótesis alternativa de que al menos una de las medias de los tratamientos sea diferente.

Regla de decisión:

Se rechaza H_0 si: $F_c < F_t(\alpha, k-1, n-k)$

Si es estadístico de prueba (F_c) es menor al estadístico de la tabla (F_t).

El análisis de varianza (ANVA) a desarrollar presenta las siguientes características:

Tabla 3.4
Diseño estadístico para el experimento

Fuente de variabilidad	Grados de Libertad (G.L) *	
Tratamientos	a-1	5
Bloques	b-1	2
Error (residual)	(a-1) * (b-1)	10
Total	(a*b)-1	17

Nota: (*) a=tratamientos; b=bloques (repeticiones)
Elaboración propia.

Con la finalidad de verificar que tratamiento presenta un mejor desempeño en cuanto a los indicadores evaluados se procedió a realizar la prueba de comparaciones múltiples de Duncan al 0.05 de nivel de significancia.

3.8.2. Sistema hidropónico

Se utilizó el sistema hidropónico de raíz flotante.

3.8.3. Tratamientos

Tabla 3.5

Tratamientos según densidad de siembra y cultivar de lechuga

Tratamientos	Clave	Densidad y cultivar
Tratamiento 1	T1	Densidad 1; cultivar Great Lakes
Tratamiento 2	T2	Densidad 1; cultivar Red Salad Bowl
Tratamiento 3	T3	Densidad 1; cultivar Waldman Green
Tratamiento 4	T4	Densidad 2; cultivar Great Lakes
Tratamiento 5	T5	Densidad 2; cultivar Red Salad Bowl
Tratamiento 6	T6	Densidad 2; cultivar Waldman Green

Elaboración propia.

3.8.4. Característica del área experimental

Tabla 3.6

Componentes y características del área experimental

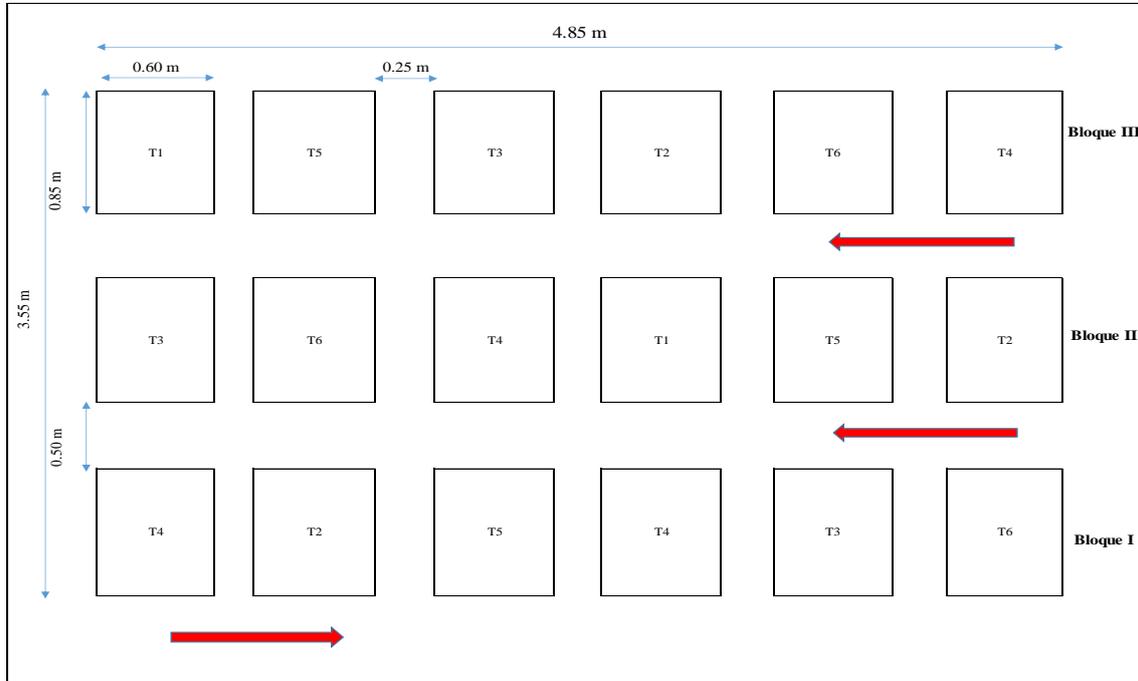
Componente	Características
Bloque	Largo: 4.85m. Ancho: 0.85 m. Área: 4.1225 m ²
Contenedor	Largo: 0.85 m. Ancho: 0.60 m. Altura cajón: 0.12 m. Área: 0.51 m ² Volumen: 0.0612 m ³
Área experimental	Ancho: 3.55m. Largo: 4.85 m. Área: 17.2175 m ²
Distanciamiento entre plantas	Densidad 1: 20 cm. x 20 cm. Densidad 2: 17 cm. x 17 cm. N.º plantas.m ² / D1:25- D2:34 N.º plantas.golpes ⁻¹ : 1
Calles	Área total de calles: 7.29 m ²

Elaboración propia.

3.8.5. Croquis del área experimental

Figura 3.4

Croquis del área experimental



Nota: la escala de medición es referencial.

3.8.6. Instalación y manejo del experimento

3.8.6.1. Instalación del vivero

La infraestructura del vivero hidropónico tiene una dimensión de 6 m. de largo, 4 m. de ancho y 2.5 m. de alto (incluyendo la base). Se utilizaron 18 contenedores o pozos de 0.85 m. de largo, 0.60 m. de ancho, 0.12 m. de alto (medidas de la parte interna del contenedor o caja).

La distribución de los contenedores dentro del vivero hidropónico se realizó, conforme se ha especificado en el croquis del área experimental dejando 0.25 m. entre cada unidad experimental, y 0.50 entre cada bloque. de calle; la caja de los contenedores se recubierta con plástico calibre 0.05 mm, para tal fin se cortará el plástico de la siguiente manera: El largo del contenedor más tres veces la altura de la caja y el ancho del contenedor más tres veces la altura de la caja. Para fijar el

plástico en el contenedor se utilizará tachuelas, pero antes de colocar el plástico en la caja del contenedor se cubrirá la base de esta con papel periódico con el objetivo de proteger y dar mejor uso al plástico.

El tecnopor que se utilizó tiene las siguientes medidas 0.80 m. de largo por 0.55 de ancho y 2 pulgadas de espesor, la distribución de los huecos se realizó mediante la modalidad de siembra 3 bolillos, teniendo en cuenta la distribución y distanciamiento consignados en la Tabla 5. Para perforar el tecnopor se empleó un taladro con una mecha de copa de 1 pulgada 1/4 que equivale a 3.2 cm.

La nivelación de los contenedores se realizó con el nivel de gota, utilizando para ello una regla grande para facilitar el trabajo; luego se procedió al llenado del agua en el contenedor, para calcular el volumen de agua requerido por contenedor se procedió de la siguiente: se multiplicó el largo del contenedor por el ancho del contenedor y por la altura de la lámina de agua (en centímetros) luego se dividió esa cantidad entre mil para sacar el volumen de agua; cada contenedor se llenará con 80 litros de agua por ello se necesitará un total de 1140 litros de agua para los dieciocho contenedores.

3.8.6.2. Instalación del almácigo

Para la instalación del almácigo se utilizó tres fuentes de plástico, como sustrato arena de río, previamente tamizada, lavada y desinfectada con hipoclorito de sodio al 10 %, se procede a tapar y regar. Al momento de la siembra, previamente se humedeció el sustrato de cada fuente con abundante agua, luego se procedió a trazar los pequeños surcos distanciados uno de otros 5 centímetros y a una profundidad de 1 centímetro, después de haber sembrado se procedió a cubrir las semillas con el mismo sustrato y el almácigo con papel periódico. Sobre el papel periódico se aplicó agua con un pulverizador para humedecerlo, este actuó como indicador de la humedad del almácigo.

3.8.6.3. Manejo del almácigo

Se procedió a retirar el papel periódico de cada fuente de plástico cuando el 50% de las semillas habían germinado. Se regó el almácigo de cada fuente plástica con su respectiva solución nutritiva, cuando las plántulas

de lechuga tuvieron de 5 a 7 días después de haber germinado. El riego del almacigo fue constante hasta el momento del trasplante definitivo.

3.8.6.4. Trasplante definitivo

El trasplante definitivo se hizo cuando las plántulas tuvieron de 3 a 4 hojas verdaderas para lo cual se procedió a escoger las más sanas y vigorosas. Esta actividad se realizó en horas de la tarde para evitar el estrés de las plántulas.

Las plántulas se removieron del almacigo con mucho cuidado para evitar daños al sistema radicular de las mismas, posteriormente se procedió al lavado de las raíces de cada plántula para quitar por completo los restos del sustrato; para fijar la plántula se utilizó algodón para ello se para poder colocar la plántula de lechuga. En esta etapa fue necesario el cuidado para no dañar sus delicadas raíces; finalmente se colocó con la planta le lechuga en el hueco del contenedor vigilando que las raíces queden en contacto con la solución nutritiva.

3.8.6.5. Manejo de la solución nutritiva

Para regar el cultivo se utilizó la solución nutritiva compuesta de la Empresa Hidropónica “A-B-C”. Se trabajó con una proporción de 5:1000 de la solución concentrada A, es decir 5 ml. de la solución concentrada A por cada 1000 ml de agua. Para la solución concentrada B, se utilizó la proporción 2:1000, es decir 2 ml. de solución concentrada B por cada 1000 ml. de agua, Finalmente para la solución concentrada C se utilizó la proporción de 2:1000, es decir 2 ml. de solución concentrada C, por cada 1000 ml. de agua.

Se midió semanalmente el pH de la solución nutritiva por medio de un pH-metro, para vigilar que este se encuentre en un rango aceptable entre 5.0 y 6.5. Cuando el nivel de la solución nutritiva bajó 3 centímetros de la altura inicial en el contenedor se agregó solución nutritiva, a la mitad de la dosis inicial; de tal manera que se completó el volumen inicial del contenedor.

3.8.6.6. Control de plagas y enfermedades

Diariamente se revisó las plantas de lechuga en cada uno de los contenedores. De acuerdo a la presencia de alguna plaga en especial, procediendo a su control de forma inmediata.

3.8.6.7. Cosecha

La etapa de cosecha se realizó cuando la lechuga alcanzó su madurez comercial, es decir cuando cumpla con todas las características demandadas por el consumidor final. Aquí se procedió a la recolección de los datos a ser analizados, en los tres cultivares.

3.9. EVALUACIÓN DE INDICADORES

3.9.1. Rendimiento

a) Número de hojas

Se realizó un conteo de número de hojas de 10 lechugas elegidas al azar anteriormente de cada unidad experimental de la cosecha, luego se procedió a sacar el promedio.

b) Peso fresco total

Se pesaron 10 lechugas enteras elegidas al azar por unidad experimental al momento de la cosecha (incluyendo cogollo y raíz), para lo cual se empleó una balanza digital con aproximación de 0.1 g. Con la finalidad de evaluar la medida de rendimiento se procedió a convertir los datos a kg.m^2 .

3.9.2. Características agronómicas

a) Altura de planta

Se procedió a medir las 10 lechugas elegidas al azar anteriormente de cada unidad experimental al momento de la cosecha, desde la base del tallo, hasta los extremos de las últimas hojas debidamente estiradas, para ello se utilizará una regla metálica calibrada en cm, y luego calculará el promedio.

b) Longitud de raíz

Se procedió a medir las raíces de las 10 lechugas seleccionadas de cada tratamiento, la medición se realizará midiendo la raíz principal desde el ápice radicular hasta el cuello de la planta, la medición se realizará con una cinta métrica.

c) Diámetro de la planta

Se realizó la medida del diámetro de la planta, utilizando un calibrador de base fija y extremo abatible graduado en centímetros; el calibrador se colocará en la parte media de cada una de las 10 lechugas seleccionadas con anterioridad y se registró el diámetro promedio por cada tratamiento y repetición al momento de la cosecha.

d) Peso de raíz

Se pesó la parte radicular comprendida desde el cuello de la planta de 10 lechugas elegidas al azar por unidad experimental al momento de la cosecha, empleando una balanza digital.

e) Peso de la planta

Se pesó la parte superior de la planta sin incluir raíz, de 10 lechugas elegidas al azar por unidad experimental al momento de cosecha, empleando una balanza digital.

3.9.3. Rentabilidad del cultivo

Para el cálculo de la rentabilidad, se tomó en cuenta los costos de instalación del vivero, materiales, insumos, semillas, soluciones nutritivas, etc. Además, se realizó el cálculo de ingresos según la producción de cada cultivar y el precio de supermercados y venta en línea, y en función a estos datos se pudo determinar que cultivar de lechuga es el más rentable financieramente. Es preciso indicar que los periodos de vegetación de los cultivares seleccionados son similares, de tal forma que la rentabilidad dependerá del rendimiento de cada cultivar, el cual finalmente estará en función de la densidad de siembra, que se aplique en cada tratamiento. Teniendo en cuenta la relación Beneficio/Costo.

3.10. ASPECTOS ÉTICOS

La investigación cumple con los principios de la investigación según la Resolución de Consejo Universitario N°0306-CU-2018 (Código de ética para la investigación, 2018).

Sobre la originalidad y autoría de la investigación, se deja constancia que el que suscribe, es autor intelectual de la totalidad de la elaboración del proyecto, no habiendo de por medio

la participación de ningún tercero. Además, se manifiesta que no existe plagio o copia total y/o parcial del documento. Sometiéndome a las sanciones correspondientes de no cumplir con lo declarado.

Respecto a la idoneidad y confiabilidad de la información, se dejará evidencia sobre las pruebas y experimentos aplicados, tales como anotaciones, evidencia fotográfica y reportes estadísticos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados y discusión de los principales hallazgos, realizando junto con ello el contraste de las hipótesis de investigación planteadas, comparando los resultados con otros antecedentes que analizan cultivares de lechuga en sistema hidropónico a raíz flotante.

Al tratarse de un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con repeticiones, se procedió a utilizar un análisis de varianza (ANVA) para determinar si existen diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos. Además, con la finalidad de determinar que tratamiento presenta mejor desempeño en los indicadores de rendimiento y características agronómicas, se procedió a realizar la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, a un nivel de significancia del 0.05.

Tabla 4.1
Detalle de los tratamientos a evaluar

Tratamiento	Cultivar	Densidad Plantas. m ²
T1	Great Lakes	25 plantas/m ²
T2	Red Salad Bowl	25 plantas/m ²
T3	Waldman Green	25 plantas /m ²
T4	Great Lakes	34 plantas /m ²
T5	Red Salad Bowl	34 plantas /m ²
T6	Waldman Green	34 plantas /m ²

Nota: La densidad se evalúa en plantas por m².

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN - INDICADORES DE RENDIMIENTO

Es importante precisar que para efectos de medir el rendimiento se están evaluando dos indicadores, el primero de ellos es el número de hojas y el segundo es el peso fresco total.

Contraste de hipótesis específica 1:

HE1: Una de las dos densidades de siembra tendrá un mejor efecto en el rendimiento de la producción final de los tres cultivares de *Lactuca sativa* L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante.

4.1.1. Análisis de varianza (ANVA) para el número de hojas.

H₀: No hay diferencias significativas entre las medias del número de hojas de los tratamientos.

H₁: Existen diferencias significativas entre las medias de número de hojas de los tratamientos.

En la Tabla 4.1, del anexo se encuentran los valores obtenidos para esta determinación. Según el análisis de varianza, de la Tabla 10, no hubo significación estadística para las fuentes de variabilidad en estudio, siendo el coeficiente de variabilidad de 8.5 %.

Tabla 4.2

Análisis de varianza para el número de hojas por planta

F.V.	gl	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	25.05	5.01	3.27	NO
Bloques	2	5.86	2.93	1.91	NO
Error	10	15.31	1.53		
Total	17	46.22		CV=	8.5

Nota: Se evalúa significancia del 5% (0.05).

La prueba de Duncan 0.05, de la Tabla 4.3, determina que los tratamientos en estudio son estadísticamente similares excepto el tratamiento: 25 plantas por metro cuadrado con el cultivar Great Lakes (T1) que ocupa el segundo lugar con 12.1 hojas por planta. Los tratamientos que ocupan el primer lugar variaron entre 15.4 hojas por planta para el tratamiento: 34 plantas por metro cuadrado con el cultivar Red Salad Bowl y 15.1 hojas por planta para el tratamiento: 34 plantas por metro cuadrado con el cultivar Waldman Green. El tratamiento: 25 plantas por metro cuadrado, cultivar Red Salad Bowl es estadísticamente similar a todos los demás tratamientos en estudio con un promedio de 14.2 hojas por plantas.

Tabla 4.3*Prueba de Duncan para el número de hojas*

Tratamientos				
Clave	Densidad (plantas.m ²)	Cultivar	Medias	Duncan 0.05
T1	25	Great Lakes	12.1	b
T2	25	Red Salad Bowl	14.2	a b
T3	25	Waldman Green	15.3	a
T4	34	Great Lakes	15.2	a
T5	34	Red Salad Bowl	15.4	a
T6	34	Waldman Green	15.1	a

Nota: Promedios con letra diferentes son significativamente diferentes, caso contrario son similares estadísticamente.

En la Figura 10, se observan los resultados por correspondientes al número de hojas por planta para los diferentes tratamientos en estudio.

Figura 4.1*Media del rendimiento en número de hojas por planta (unidades)*

Fuente: Resultados de la cosecha.

4.1.2. Análisis de varianza (ANVA) para el peso fresco total

H₀: No existen diferencias significativas en la media del peso fresco total de cada tratamiento.

H₁: existen diferencias significativas en la media del peso fresco total de cada tratamiento.

En la Tabla 4.2, del anexo se encuentran los valores obtenidos para esta determinación. Según el análisis de varianza, de la Tabla 4.3, no hubo significación estadística para las fuentes de variabilidad en estudio, siendo el coeficiente de variabilidad de 35.29 %.

Tabla 4.4: Análisis de varianza para el peso fresco total

F.V.	gl	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	4911.62	982.32	2.02	NO
Bloques	2	219.57	109.79	0.23	NO
Error	10	4854.72	485.47		
Total	17	9985.92		CV=	35.29

Nota: Se evalúa significancia del 5% (0.05).

La prueba Duncan al 0.05, de la Tabla 4.4, nos muestra que todos los resultados son estadísticamente similares excepto el tratamiento 25 plantas por metro cuadrado del cultivar Great Lakes (T1) con un promedio de 80.6 g. por planta, que figura en el primer lugar. En segundo lugar, figura el tratamiento 25 plantas por metro cuadrado del cultivar Red Salad Bowl (T2) con un promedio de 29,7 g por planta. Los demás tratamientos (T3, T4, T5 y T6) son estadísticamente similares.

Tabla 4.5: Prueba de Duncan para el peso fresco total

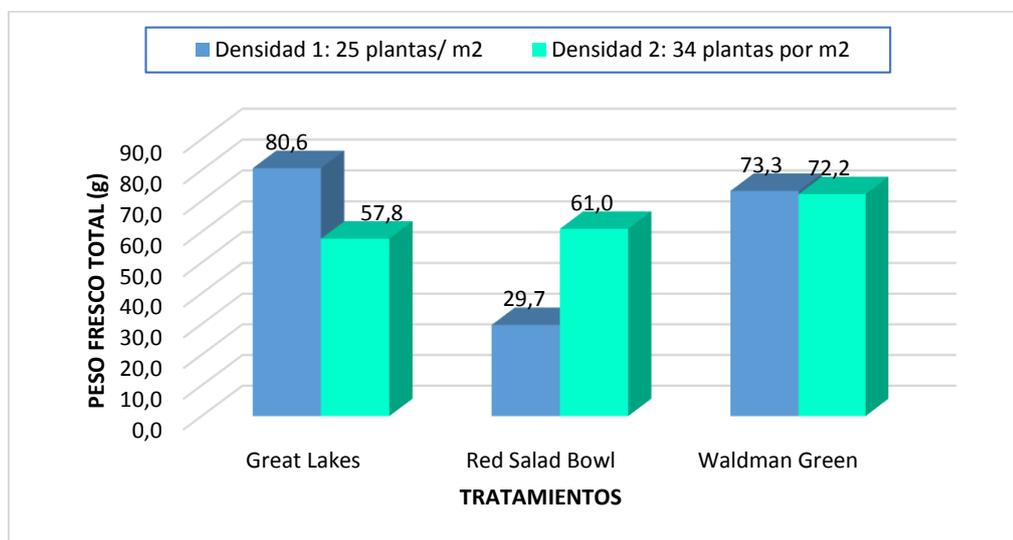
Tratamientos				
Clave	ensidad (plantas .m ²)	Cultivar	Medias	Duncan 0.05
T1	25	Great Lakes	80.6	a
T2	25	Red Salad Bowl	29.7	b
T3	25	Waldman Green	73.3	a b
T4	34	Great Lakes	57.8	a b
T5	34	Red Salad Bowl	61.0	a b
T6	34	Waldman Green	72.2	a b

Nota: Promedios con letra diferentes son significativamente diferentes, caso contrario son similares estadísticamente.

En la Figura 4.2, se observan los resultados por correspondientes al peso fresco total por planta para los diferentes tratamientos en estudio.

Figura 4.2

Media del rendimiento en peso fresco total (g)



Fuente: Resultados de la cosecha.

4.1.3. Rendimiento de cultivar en kg.100 m²

Una forma alterna de evaluar el rendimiento de los cultivares de lechuga es expresando el peso fresco total en kg.m², en este caso se ha evaluado en kg.100 m², con la finalidad de obtener resultados a una mayor escala. No obstante, y con la finalidad de evitar un sesgo en el resultado originado por el número de plantas por metro cuadrado de cada densidad se realiza la comparación entre los cultivares por separado.

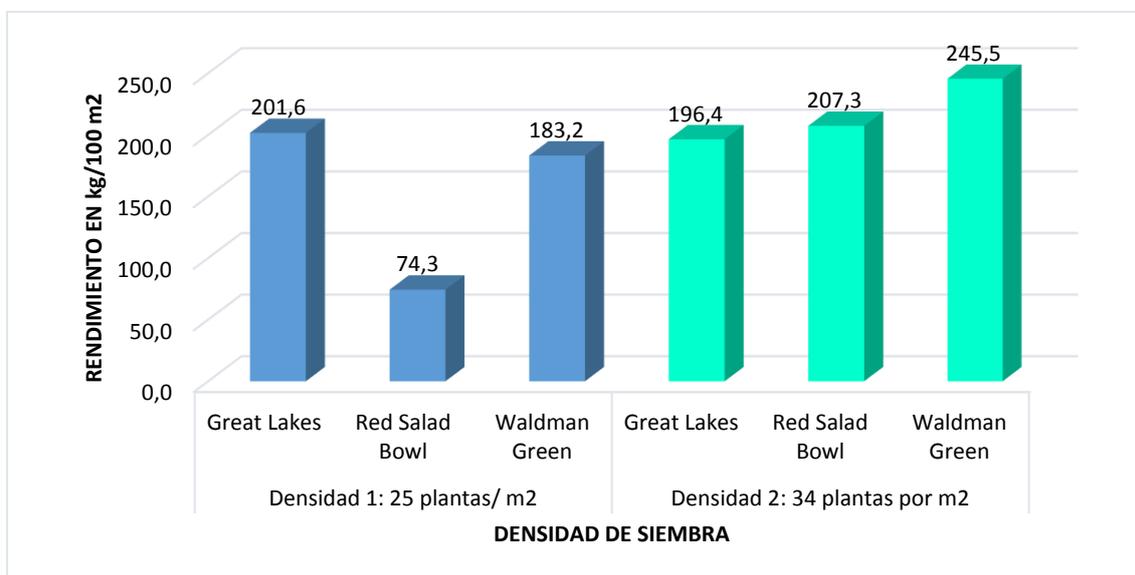
En la figura 12, se puede ver que en la densidad 1: de 25 plantas por metro cuadrado el cultivar que presenta el mejor rendimiento, es el cultivar Great Lakes con 201,6 kg.100 m², y el de menor rendimiento es el cultivar Red Salad Bowl con 74 kg.100 m². Por otro lado, en la densidad 2: 34 plantas por metro cuadrado, el cultivar que presenta el mejor rendimiento es el cultivar Waldman Green con 245,5 kg.100 m², y con menor rendimiento figura el cultivar Great Lakes con 196.4 kg.100 m².

Este resultado preliminar nos indica que una menor densidad de siembra (25 plantas por m²) favorece a los cultivares de lechuga de cabeza como es el caso del cultivar Great Lakes, y una mayor densidad de siembra (34 plantas por m²),

favorece el rendimiento en cultivares de lechuga de hojas suelta, como es el caso del cultivar Waldman Green.

Figura 4.3

Rendimiento del peso fresco total por densidad y cultivar (kg.100 m²).



Fuente: Resultados de la cosecha.

4.1.4. Discusión de resultados, para los indicadores de rendimiento

En base a los resultados se da respuesta a la primera hipótesis de investigación determinándose que el T5 de la densidad de siembra 2 (34 plantas por m²) del cultivar Red Salad Bowl presenta un mejor indicador de rendimiento en número de hojas. Así mismo, en el análisis del rendimiento en peso fresco total por planta, el T1 de la densidad de siembra 1 (25 plantas por m²) del cultivar Great Lakes presenta un mejor rendimiento.

En el análisis del rendimiento en kg.100 m², se tuvo que realizar una segmentación por densidad y cultivar, de esta forma se determinó que la densidad 1 (25 plantas por m²) favorece el rendimiento del peso fresco total para el cultivar Great Lakes que rindió 201,6 kg.100 m², es decir una menor densidad de siembra favorece al peso fresco total en los cultivares de lechuga arropollada; por otro lado, en la densidad 2 (34 plantas por m²), el cultivar Waldman Green presentó mejor rendimiento con 245.5 kg.100 m², es decir una mayor densidad favorece el rendimiento del peso fresco total en cultivares de lechugas de hojas sueltas.

De acuerdo a revisión de antecedentes de investigación, los resultados respecto a este indicador son divergentes, ya que se observan rendimientos diferenciados, dependiendo del factor de variabilidad que se analice: cultivar, densidad de siembra, solución nutritiva etc., como es el caso del estudio de Pereda (2015), quien determinó un rendimiento 732 kg.100 m² en promedio entre los cultivares Great Lakes, Waldman Green y White Boston. Por otro lado, en la investigación de Rodríguez (2015), se determinaron rendimientos que van desde los 437 kg.100 m² a los 735 kg. 100 m² en la variedad White Boston, en este caso el rendimiento varía en función a la solución nutritiva.

En el control de plagas de los cultivares, se pudo identificar la presencia de insectos barrenadores de lechuga, entre ellos una pupa de *insecto minador de hoja* “sp”, y una larva *spodoptera* “sp”, los cuales suelen afectar el rendimiento de la producción, y su presencia es común en cultivos de hortalizas. Al respecto, Bravo (2020), señala que las plagas de insectos afectan significativamente la producción y el rendimiento de los cultivos, y que su presencia varía dependiendo del tipo de hortaliza y también en función a las condiciones climáticas.

Sobre la variación de las condiciones climáticas, entre los meses de mayo y junio (semanas 3 a semana 5), se registró un cambio brusco en la temperatura promedio, pasando de un promedio de 24.85 °C en mayo a 23.15 °C en junio, oscilando entre un mínimo de 18 °C y un máximo de 28.3 °C. Estos cambios bruscos podrían estar afectando el rendimiento de los cultivares, en cuanto al crecimiento de la parte aérea.

4.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN – CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

Contraste de hipótesis específica 2:

HE2: Una de las dos densidades de siembra tendrá mejor efecto en las características agronómicas de la producción final de los tres cultivares de *Lactuca sativa* L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante.

4.2.1. Análisis de varianza (ANVA) para la altura de la planta

H₀: No existen diferencias significativas en la media de la altura de la planta de cada tratamiento.

H₁: Existen diferencias significativas en la media de la altura de la planta de cada tratamiento.

En la Tabla 4.3, del anexo se encuentran los valores obtenidos para esta determinación. Según el análisis de varianza, de la Tabla 4.6, no hubo significación estadística para las fuentes de variabilidad en estudio, siendo el coeficiente de variabilidad de 14,75 %.

Tabla 4.6
Análisis de varianza para la altura de la planta

F.V.	gl	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	122.65	24.53	2.89	NO
Bloques	2	16.86	8.43	0.99	NO
Error	10	84.96	8.5		
Total	17	224.46		CV=	14.75

Nota: Se evalúa significancia del 5% (0.05).

La prueba Duncan al 0.05, de la Tabla 4.7, nos muestra que todos los resultados son estadísticamente similares excepto el tratamiento 25 plantas por metro cuadrado del cultivar Waldman Green (T3) con un promedio de 24.3 cm. de altura, que figura en el primer lugar. En segundo lugar, figuran los tratamientos T1, T2 y T5 siendo el de mayor altura promedio el tratamiento de 34 plantas por metro cuadrado del cultivar Red Salad Bowl (T5) con una altura promedio de 18.2 cm. Los tratamientos T4 y T6, son estadísticamente similares en cuanto a la altura promedio de la planta.

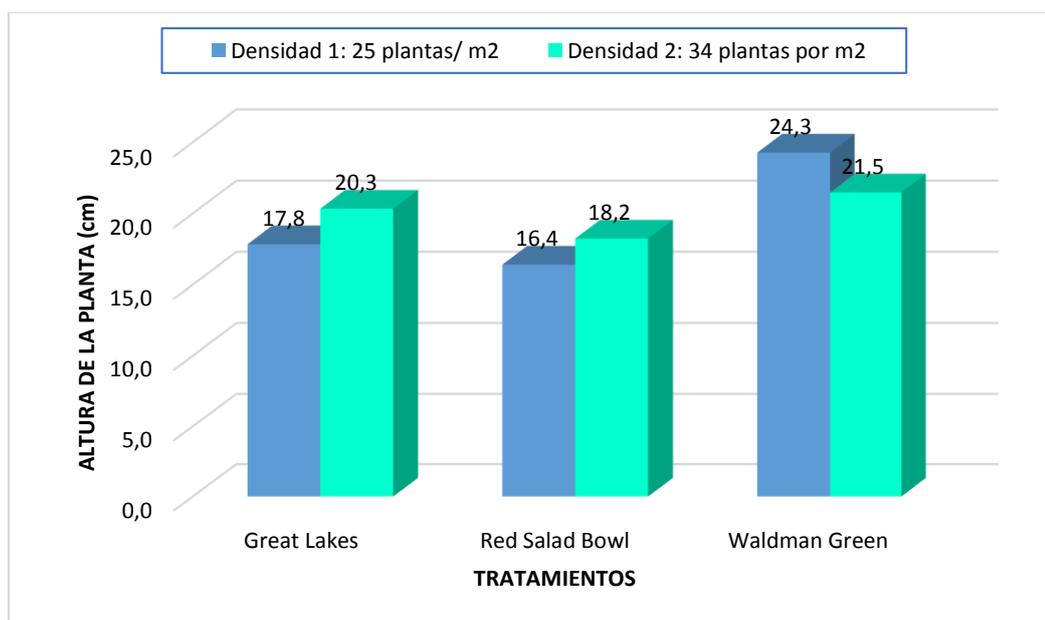
Tabla 4.7
Prueba de Duncan para la altura de la planta

Tratamientos				
Clave	Densidad (plantas /m2)	Cultivar	Medias	Duncan 0.05
T1	25	Great Lakes	17.8	b
T2	25	Red Salad Bowl	16.4	b
T3	25	Waldman Green	24.3	a
T4	34	Great Lakes	20.3	a b
T5	34	Red Salad Bowl	18.2	b
T6	34	Waldman Green	21.5	a b

Nota: Promedios con letra diferentes son significativamente diferentes, caso contrario son similares estadísticamente.

En la Figura 4.4, se observan los resultados por correspondientes a la altura de la planta para los diferentes tratamientos en estudio.

Figura 4.4
Media de la altura de la planta (cm.)



Fuente: Resultados de la cosecha.

4.2.2. Análisis de varianza para la longitud de la raíz

H_0 : No existen diferencias significativas en la media de la longitud de la raíz de cada tratamiento.

H₁: Existen diferencias significativas en la media de la longitud de la raíz de cada tratamiento.

En la Tabla 4.4, del anexo se encuentran los valores obtenidos para esta determinación. Según el análisis de varianza, de la Tabla 4.8, no hubo significación estadística para las fuentes de variabilidad en estudio, siendo el coeficiente de variabilidad de 13.96 %.

Tabla 4.8
Análisis de varianza para la longitud de la raíz

F.V.	gl	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	73.13	14.63	1.32	NO
Bloques	2	9.82	4.91	0.44	NO
Error	10	110.68	11.07		
Total	17	193.64		CV=	13.96

Nota: Se evalúa significancia del 5% (0.05).

La prueba Duncan al 0.05, de la Tabla 4.9, nos muestra que todos los resultados son estadísticamente similares, los resultados van desde 21 cm. de longitud para el tratamiento 34 plantas por metro cuadrado del cultivar Waldman Green hasta 26 cm. de longitud para el tratamiento de 34 plantas por metro cuadrado para el cultivar Red Salad Bowl. En conclusión, en este indicador no existe superioridad de un tratamiento sobre otro.

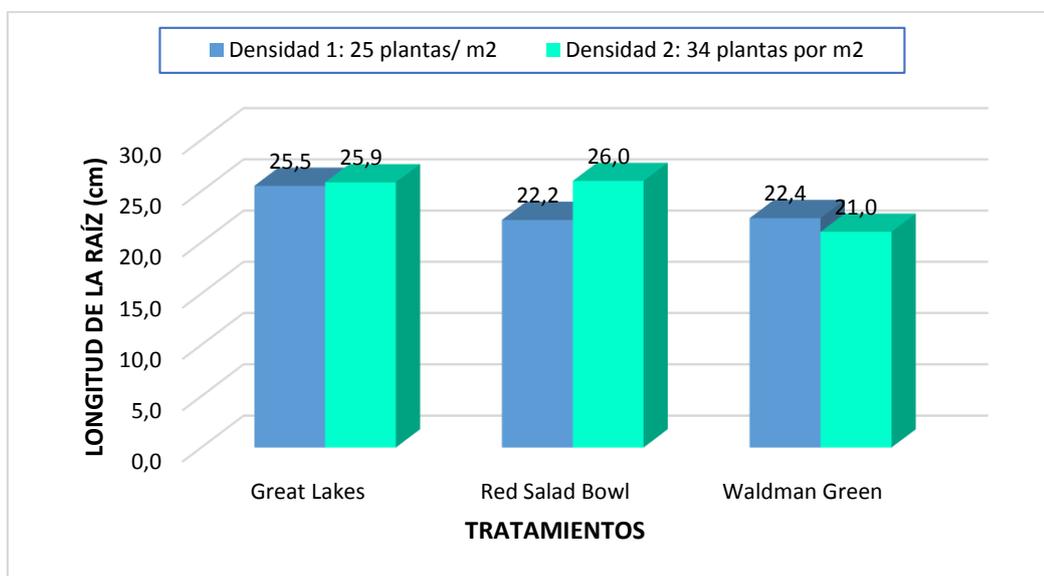
Tabla 4.9
Prueba de Duncan para la longitud de la raíz

Tratamientos				
Clave	Densidad (plantas .m²)	Cultivar	Medias	Duncan 0.05
T1	25	Great Lakes	25.5	a
T2	25	Red Salad Bowl	22.2	a
T3	25	Waldman Green	22.4	a
T4	34	Great Lakes	25.9	a
T5	34	Red Salad Bowl	26.0	a
T6	34	Waldman Green	21.0	a

Nota: Promedios con letra diferentes son significativamente diferentes, caso contrario son similares estadísticamente.

En la Figura 4.5, se observan los resultados por correspondientes a la longitud de la raíz para los diferentes tratamientos en estudio.

Figura 4.5
 Media de la longitud de la raíz por planta (cm.)



Fuente: Resultados de la cosecha.

4.2.3. Análisis de varianza para el diámetro de la planta

H₀: No existen diferencias significativas en la media del diámetro de la planta de cada tratamiento.

H₁: Existen diferencias significativas en la media del diámetro de la planta de cada tratamiento.

En la Tabla 4.5, del anexo se encuentran los valores obtenidos para esta determinación. Según el análisis de varianza, de la Tabla 4.7, no hubo significación estadística para las fuentes de variabilidad en estudio, siendo el coeficiente de variabilidad de 15.83 %.

Tabla 4.10
 Análisis de varianza para el diámetro de la planta

F.V.	gl	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	41.18	8.24	1.8	NO
Bloques	2	13.4	6.7	1.46	NO
Error	10	45.8	4.58		
Total	17	100.39		CV=	15.83

Nota: Se evalúa significancia del 5% (0.05).

La prueba Duncan al 0.05, de la Tabla 4.11, nos muestra que todos los resultados son estadísticamente similares excepto el tratamiento 25 plantas por metro cuadrado del cultivar Waldman Green (T3) con un promedio de 16.8 cm de diámetro, que figura en el primer lugar. En segundo lugar, figura el tratamiento 25 plantas por metro cuadrado del cultivar Great Lakes (T1) con un promedio de 12.1 cm. de diámetro. Los demás tratamientos (T2, T4, T5 y T6) son estadísticamente similares.

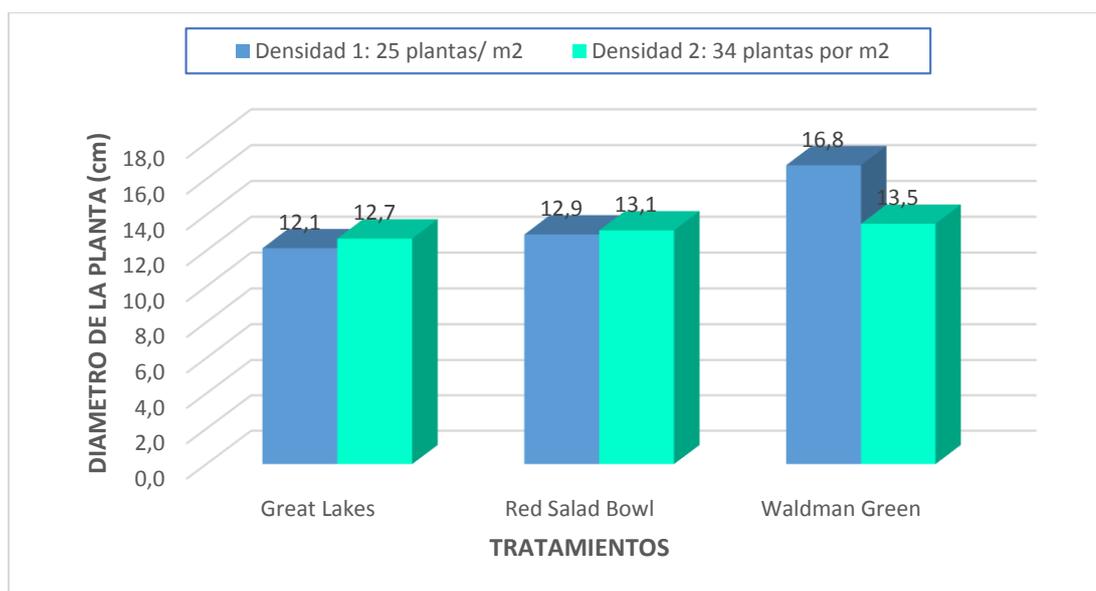
Tabla 4.11
Prueba de Duncan para el diámetro de la planta

Tratamientos				
Clave	Densidad (plantas .m ²)	Cultivar	Medias	Duncan 0.05
T1	25	Great Lakes	12.1	b
T2	25	Red Salad Bowl	12.9	a b
T3	25	Waldman Green	16.8	a
T4	34	Great Lakes	12.7	a b
T5	34	Red Salad Bowl	13.1	a b
T6	34	Waldman Green	13.5	a b

Nota: Promedios con letra diferentes son significativamente diferentes, caso contrario son similares estadísticamente.

En la Figura 4.6, se observan los resultados por correspondientes al diámetro de la planta para los diferentes tratamientos en estudio.

Figura 4.6
Media del diámetro de la planta por tratamiento (cm.)



Fuente: Resultados de la cosecha.

4.2.4. Análisis de varianza para el peso de la raíz

H₀: No existen diferencias significativas en la media del peso de la raíz de cada tratamiento

H₁: Existen diferencias significativas en la media del peso de la raíz de cada tratamiento

En la Tabla 4.6, del anexo se encuentran los valores obtenidos para esta determinación. Según el análisis de varianza, de la Tabla 4.12, no hubo significación estadística para las fuentes de variabilidad en estudio, siendo el coeficiente de variabilidad de 29.15 %.

Tabla 4.12 Análisis de varianza para el peso de la raíz

F.V.	gl	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	29.56	5.91	2.32	NO
Bloques	2	3.41	1.7	0.67	NO
Error	10	25.45	2.55		
Total	17	58.42		CV=	29.15

Nota: Se evalúa significancia del 5% (0.05).

La prueba Duncan al 0.05, de la Tabla 4.13, nos muestra que todos los resultados son estadísticamente similares excepto el tratamiento 25 plantas por metro cuadrado del cultivar Waldman Green (T3) con un promedio de 7.3 g. de raíz por planta, que figura en el primer lugar. En segundo lugar, figura el tratamiento 25 plantas por metro cuadrado del cultivar Red Salad Bowl (T2) con un promedio de 3.3 g. de raíz por planta. Los demás tratamientos (T1, T4, T5 y T6) son estadísticamente similares.

Tabla 4.13

Prueba de Duncan para el peso de la raíz

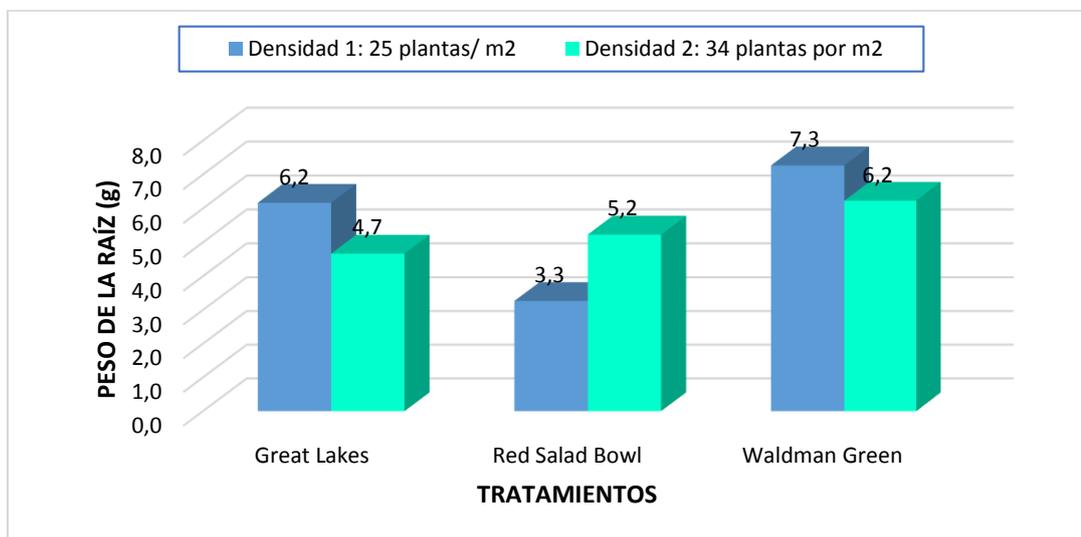
Tratamientos				
Clave	Densidad(plantas .m ²)	Cultivar	Medias	Duncan 0.05
T1	25	Great Lakes	6.2	a b
T2	25	Red Salad Bowl	3.3	b
T3	25	Waldman Green	7.3	a
T4	34	Great Lakes	4.7	a b
T5	34	Red Salad Bowl	5.2	a b
T6	34	Waldman Green	6.2	a b

Nota: Promedios con letra diferentes son significativamente diferentes, caso contrario son similares estadísticamente.

En la Figura 4.7, se observan los resultados por correspondiente al peso de la raíz para los diferentes tratamientos en estudio.

Figura 4.7

Media del peso de la raíz (g.)



Fuente: Resultados de la cosecha.

4.2.5. Análisis de varianza para el peso de la planta

H₀: No existen diferencias significativas en la media del peso de la planta de cada tratamiento.

H₁: Existen diferencias significativas en la media del peso de la planta de cada tratamiento.

En la Tabla 4.7, del anexo se encuentran los valores obtenidos para esta determinación. Según el análisis de varianza, de la Tabla 4.14, no hubo significación estadística para las fuentes de variabilidad en estudio, siendo el coeficiente de variabilidad de 36.12 %.

Tabla 4.14

Análisis de varianza para el peso de la planta

F.V.	gl	SC	CM	Fc	Sig
Tratamientos	5	4246.72	849.34	2.01	NO
Bloques	2	171.87	85.94	0.2	NO
Error	10	4231.71	423.17		
Total	17	8650.3		CV=	36.12

Nota: Se evalúa significancia del 5% (0.05).

La prueba Duncan al 0.05, de la Tabla 4.15, nos muestra que todos los resultados son estadísticamente similares excepto el tratamiento 25 plantas por metro cuadrado del cultivar Great Lakes (T1) con un promedio de 74.5 g de por planta, que figura en el primer lugar. En segundo lugar, figura el tratamiento 25 plantas por metro cuadrado del cultivar Red Salad Bowl (T2) con un promedio de 26.5 g por planta. Los demás tratamientos (T3, T4, T5 y T6) son estadísticamente similares.

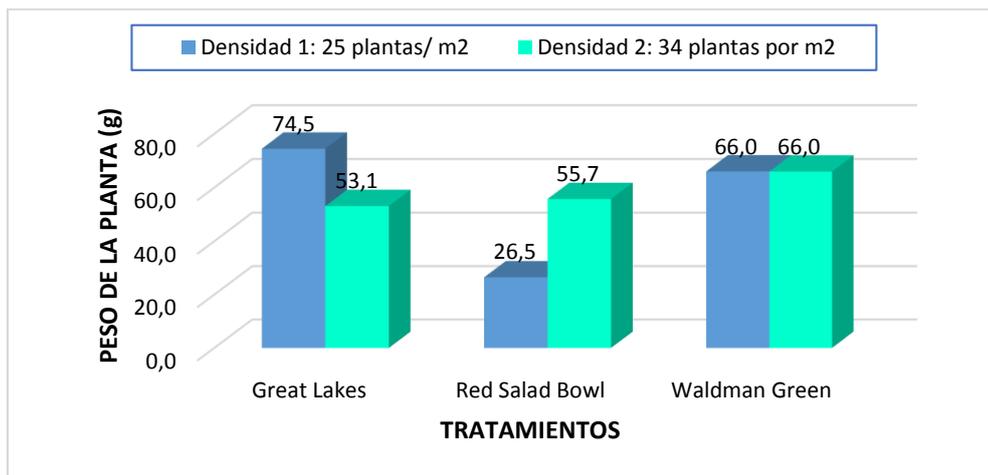
Tabla 4.15 Prueba de Duncan para el peso de la planta

Tratamientos				
Clave	Densidad (plantas .m ²)	Cultivar	Medias	Duncan 0.05
T1	25	Great Lakes	74.5	a
T2	25	Red Salad Bowl	26.5	b
T3	25	Waldman Green	66.0	a b
T4	34	Great Lakes	53.1	a b
T5	34	Red Salad Bowl	55.7	a b
T6	34	Waldman Green	66.0	a b

Nota: Promedios con letra diferentes son significativamente diferentes, caso contrario son similares estadísticamente.

En la Figura 4.8, se observan los resultados por correspondiente al peso fresco de la planta para los diferentes tratamientos en estudio.

Figura 4.8
Media del peso de la planta (g.)



Fuente: Resultados de la cosecha.

4.2.6. **Discusión de resultados para las características agronómicas**

En referencia al contraste de la hipótesis específica 2, se concluye que el tratamiento que genera un mayor efecto sobre las características agronómicas, es variable, sin embargo, el que presenta mejor efecto en la mayoría de los indicadores (altura, diámetro y peso de la raíz) es el tratamiento 3, que corresponde a la densidad de siembra 1 (25 plantas por m²), del cultivar Waldman Green. Es preciso indicar que el T1 que corresponde al cultivar Great Lakes, también con la misma densidad de 25 plantas por m², presentó el mejor peso fresco de planta, el cual está influenciado por la característica de la planta que es de la variedad arrellada. Sin embargo, en las demás características agronómicas es superada por el cultivar Waldman Green.

Resultados similares se encontraron en el trabajo de investigación de Pereda (2015), realizado en la ciudad de Trujillo, en el cual se concluye que el cultivar Waldman Green presenta mejores características de altura y diámetro, a comparación de otros cultivares como el Great Lakes y White Boston.

De acuerdo a Saavedra et al. (2017), este cultivar pertenece a la variedad Acephala, es decir sus hojas están dispuestas de manera suelta, por lo que un mayor distanciamiento entre plantas, beneficia su crecimiento. Al respecto, Beltrano (2015) sostiene que un mayor distanciamiento entre plantas, o una adecuada densidad contribuye a tener un mejor control de enfermedades y plagas; por lo tanto, mejora las condiciones de crecimiento de la planta.

Respecto a las características agronómicas, estas son influenciadas fuertemente por las características de cada variedad y cultivar de lechuga, es por ello que para tener un punto de comparación se realizó la comparación de dos densidades (25 y 34 plantas por m²), determinándose que una menor densidad de plantas por m², favorece el crecimiento de los cultivares en especial el de hojas sueltas (Waldman Green).

En un estudio realizado por Velásquez (2019) respecto a la densidad, sostiene que una densidad de siembra óptima contribuye a mejorar el rendimiento y la calidad del cultivo, y asegura el uso eficiente de los recursos, agua, luz, nutrientes, y espacio. Es decir densidades por encima de la óptima disminuye el rendimiento debido a la competencia intra e interespecífica y son más propensas la presencia de plagas y patógenos, mientras que densidades por debajo de la óptima disminuye el rendimiento debido a que no se utiliza el espacio de forma eficiente.

4.3. RESULTADO Y DISCUSIÓN - RENTABILIDAD DE CULTIVARES

Contraste de la hipótesis específica 3:

HE3: Una de las dos densidades de siembra reportará una mayor rentabilidad en la producción final de los tres cultivares de *Lactuca sativa* L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante.

4.3.1. Rentabilidad de los cultivares de lechuga

Para el cálculo de la rentabilidad, se procedió a determinar el costo fijo para la instalación del vivero, el cual ascendió a S/1214. Estos costos de instalación comprenden la construcción de toda la infraestructura del vivero. Así mismo, se procedió a determinar los costos variables, siendo estos de S/451 por siembra. En total los costos de producción ascienden a S/1665.22, y corresponden a un total de 17,2 m² de siembra.

Tabla 4.16: Costos de producción para el cultivo hidropónico (17.2 m²)

Componentes	Requerimiento	Medida	Costo Unitario	Costo total
Costos fijos				
Malla Raschel (al 50%, 4.2 x100 m)	100	Metros	S/4.30	S/430.00
Construcción de pozos (madera)	18	Unidades	S/25.00	S/450.00
Plástico para forrar los contenedores	20	Metros	S/3.50	S/70.00
Guayaquil	2	Unidades	S/20.00	S/40.00
Planchas de tecnopor (construcción)	3	Planchas	S/20.00	S/60.00
Mangueras (20 m c/u)	3	Unidades	S/30.00	S/90.00
Vasos descartables	3	Cientos	S/8.00	S/24.00
Otros costos (mantenimiento)			S/50.00	S/50.00
Subtotal				S/1214.00
Costos variables				
Agua (40 litros por contenedor)	0,72	m3	S/1.70	S/1.22
Semillas (3 variedades)	30	Sobres	S/7.00	S/210.00
solución nutritiva compuesta (A-B-C)	1	Solución	S/240.00	S/240.00
Análisis de laboratorio de agua	1	Análisis	S/200.00	S/200.00
Subtotal				S/451.22
Sub Total				S/1665.22

Nota: se estima una vida útil de 5 años para la infraestructura del vivero.

Una vez determinados los costos de producción se procedió a indagar sobre el precio de cada variedad, para lo cual se hizo una visita a los supermercados, y también se consultaron precios de ventas en línea, de esta forma se pudo determinar un precio promedio para cada cultivar. Para efectos del cálculo de la rentabilidad se considera un precio conservador, ya que el precio de supermercados y en ventas en línea incluyen un costo de distribución.

Tabla 4.17 Precios de venta de lechuga hidropónica según cultivar

Cultivar	Precios supermercados	Venta en línea	Promedio	Precio conservador
Cultivar Great Lakes	S/ 3.80	S/ 3.20	S/ 3.50	S/ 3.40
Cultivar Red Salad Bowl	S/ 3.20	S/ 2.70	S/ 2.95	S/ 2.80
Cultivar Waldman Green	S/ 3.30	S/ 2.80	S/ 3.05	S/ 3.00

Nota: el cálculo de la rentabilidad se realizó con el precio conservador.

Una vez determinados los costos y los ingresos de la producción de lechuga hidropónica, se procedió a determinar la rentabilidad de la producción según el cultivar y densidad de siembra. Cabe precisar que las ventas se consideran por unidades, ya que es lo más común en la comercialización de esta hortaliza.

Tabla 4.18

Rentabilidad del cultivo de lechuga por cosecha, según producción por tratamiento

Tratamientos	Costo Variable	Costo fijo	Costo total	Precio/ unidades	Producción/ tratamiento	Ingreso/ tratamiento	Relación B/C
T1: Densidad 1- Cultivar Great Lakes	S/ 67.68	S/16.19	S/ 83.87	S/ 3.40	36	S/ 122.40	1.46
T2: Densidad 1: Cultivar Red Salad Bowl	S/ 67.68	S/16.19	S/ 83.87	S/ 2.80	36	S/ 100.80	1.20
T3: Densidad 1: Cultivar Waldman Green	S/ 67.68	S/16.19	S/ 83.87	S/ 3.00	36	S/ 108.00	1.29
T4: Densidad 2- Cultivar Great Lakes	S/ 82.72	S/16.19	S/ 98.91	S/ 3.40	51	S/ 173.40	1.75
T5: Densidad 2: Cultivar Red Salad Bowl	S/ 82.72	S/16.19	S/ 98.91	S/ 2.80	51	S/ 142.80	1.44
T6: Densidad 2: Cultivar Waldman Green	S/ 82.72	S/16.19	S/ 98.91	S/ 3.00	51	S/ 153.00	1.55

Nota: los costos fijos se dividen entre 25 (5 siembras al año x 5 años de vida útil del vivero), y luego se divide entre el número de tratamientos.

Los costos de producción utilizados para el cálculo de la rentabilidad de los cultivares, han sido estimados en base a la producción por siembra; de tal forma se procedió a calcular los ingresos por siembra (producción), y los costos por siembra, y posteriormente el cálculo de la relación beneficio/costo.

De acuerdo al análisis de rentabilidad, se determinó que el tratamiento que tiene la rentabilidad más alta es el T4 con 1.75 B/C, correspondiente al cultivar Great Lakes y a la densidad de siembra 2 (distancias 17 cm. x 17 cm.). En este tratamiento por cada S/1.00 invertido se obtiene S/0.75 de ganancia neta. En segundo lugar, figura el T6 con 1.55 B/C correspondiente al cultivar Waldman Green sembrada y a la densidad de siembra 2 (distancias de 17 cm. x 17 cm.). En este caso por cada S/1.00 invertido se obtiene S/0.55 de ganancia neta.

4.3.2. Discusión de resultados para la rentabilidad

En referencia a la hipótesis específica 3, se concluye que el tratamiento T4 y el tratamiento T6, que emplean la densidad de siembra 2 (34 plantas por m²), son los que generan una mayor rentabilidad ya que permite aprovechar al máximo el espacio de los contenedores. Tal como se mencionó anteriormente, como la comercialización de este cultivo más se realiza en unidades es más recomendable la densidad de siembra 2 (34 plantas por m²).

Debemos precisar también que el cultivar Great Lakes por ser de variedad repollada o de cabeza, tiene un precio de mercado más alto a comparación de otros cultivares como Waldman Green o la Red Salad Bowl, que son lechugas de hojas sueltas. Resultados similares se encontraron en el estudio de Aruquipa (2008), realizado en el país de Bolivia, en donde se concluyó que la variedad de lechuga de cabeza arrepollada (cultivar White Boston), genera una rentabilidad más alta, seguido del cultivar Grand Rapids, que registró el segundo lugar en rentabilidad.

Conforme a estos resultados la densidad que genera una mayor rentabilidad es la de distanciamiento de 17 cm x 17 cm (34 plantas por m²), ya que permite una producción mayor en cuanto al número de plantas, no obstante, esta densidad demanda de una mayor cantidad de recursos, y mayor monitoreo para el control de plagas.

Un punto importante para analizar sobre la rentabilidad de los cultivos de lechugas hidropónicas, es que permite un periodo de desarrollo de la planta más corto. Tal como sostiene Zarate (2014), si comparamos el cultivo en tierra su periodo es de aproximadamente 3.5 meses, sin embargo, en hidroponía se puede cosechar desde los 1.5 meses desde la germinación. Además, permite la producción en cualquier estación.

Finalmente, y a modo de recomendación en base a la experiencia, se recomienda que, si se desea emprender un proyecto de hidroponía, se trabaje a una escala más grande, dado que los costos de instalación son altos (Rodríguez y Chang, 2017). Sin embargo, si los fines son el autoconsumo, se puede aprovechar la instalación de viveros hidropónicos de forma artesanal, y producir hortalizas de buena calidad, más saludables, y que ayude a la economía del hogar.

CONCLUSIONES

1. En cuanto al indicador de rendimiento de número de hojas, el primer lugar es compartido por diferentes tratamientos, siendo el de promedio más alto el tratamiento T5 correspondiente a la densidad 2 (34 plantas por m²) del cultivar Red Salad Bowl con un promedio de 15.4 hojas por planta; y en cuanto al indicador de rendimiento en peso fresco total, el tratamiento T1, correspondiente a la densidad de siembra 1 (25 plantas por m²) ocupa el primer lugar con 80.6 g. por planta.
2. En cuanto a los resultados de las características agronómicas, el tratamiento T3 correspondiente a la densidad 1 (25 plantas por m²) y cultivar Waldman Green es el que mostró mejor crecimiento en la mayoría de las características agronómicas (altura, diámetro y peso de la raíz). En cuanto al indicador agronómico de peso fresco el T1 que corresponde al cultivar Great Lakes, también con la misma densidad de 25 plantas por m², presentó el promedio más alto con 74.5 g. por planta.
3. Los tratamientos T4 y T6, densidad de siembra 2 (34 plantas por m²) cultivares Great Lakes y Waldman Green, fueron los tratamientos que produjeron mayores ganancias, ya que permitieron aprovechar al máximo el espacio de los contenedores. El rendimiento T4 del cultivar Great Lakes produce una relación B/C de 1.75, mientras que el cultivar Waldman Green T6 obtuvo una relación B/C de 1.55.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un seguimiento y monitoreo exhaustivo a los cambios bruscos en las medidas de temperatura, acidez y conductividad eléctrica, ya que los cambios fuera del rango de estos parámetros pueden ser perjudicial para el crecimiento vegetativo de la lechuga. En el presente experimento se observó una fuerte variación de temperatura, del mes de mayo a junio, lo que influyó en el crecimiento de las plantas para alcanzar el peso comercial adecuado.
2. Para uso comercial, se recomienda trabajar con cultivares de mayor comercialización y de mejor precio en el mercado (Por ejemplo, Cultivar Great Lakes y Waldman Green), lo que contribuirá a generar una mayor rentabilidad, ya que generalmente el comercio de hortaliza se realiza más por unidad que por el peso de la planta, y ampliar la escala de producción para reducir los costos fijos iniciales.
3. Investigar la aplicación de otras soluciones nutritivas con la finalidad de tener más alternativas de siembra para la hortaliza lechuga, y que sea aplicable a las condiciones de agua y características climáticas de la Provincia de Piura, distrito Veintiséis de Octubre, a fin de no ver afectado el rendimiento del cultivo.
4. Considerar el cultivo de otras hortalizas, como espinaca, acelga, albahaca, y otros, a fin de tener resultados sobre el cultivo de hortalizas con hidropónica en el distrito Veintiséis de Octubre, en Piura, que sirvan como punto de referencia.
5. Se recomienda cultivar grandes áreas de cultivos para el negocio de hidroponía, ya que una mayor escala de producción generará mayor rentabilidad económica, dado que permitirá abaratar los costos de instalación, y obtener una mayor relación beneficios costo del proyecto de inversión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón , A. (2002). *Solución Nutritiva*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Alveal, M., & Campos, K. (2014). *Estudio comparativo de sistemas de riego hidropónico y por goteo*. Santiago: Universidad del Bio-Bio-Chile.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación, introducción a la metodología científica*. Caracas: Editorial Epístema C.A.
- Aruquipa, R. (2008). *Producción de cuatro variedades de lechuga (Lactuca Sativa L.), bajo dos sustratos (sólido y líquido) en el municipio de El Alto*. La Paz-Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
- Barrios, N. (2004). *Evaluación del cultivo de lechuga, Lactuca Sativa L. bajo condiciones hidropónicas en Pachalí, San Juan Sacatepequez, Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Beltrano, J., & Giménez, D. (2015). *Cultivo en hidroponía*. Buenos Aires: Editorial de la Universidad de La Plata.
- Bravo, R. (2020). Eficiencia de trampas pegantes de colores en la captura de insectos de hortalizas de hojas. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 61-66. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.07>
- Brenes, L., & Jiménez, M. (2014). *Manual de producción hidropónica para hortalizas de hoja en sistema NFT (Nutrient Film Technique)*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Cabezas, R. (2010). *Aclimatación de 15 cultivares de lechuga (Lactuca Sativa) en el Cantón Riobamba-Provincia de Chimborazo*. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Calderón, F. (2004). *La solución nutritiva*. Bogota: Colombia SA.
- Chang, M., Hoyos, M., & Rodríguez, A. (2000). *Manual práctico de hidroponía: sistema de raíz flotante y sistema de sustrato solido*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Filippetti, V. (2008). *Cultivos hidropónicos: información básica sobre hidroponía*. Argentina: Edición virtual, disponible en <https://hidroponiafil.com.ar/>.
- Furlani, P. (2003). *Nutrición mineral en plantas de sistema hidropónico*. México: Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Gilzans, J. (2007). *Hidroponía*. Montevideo: Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA.

- Gines, I., & Mariscal, I. (2002). *Incidencia de los fertilizantes sobre el p H del suelo*. Lima: Fertibería SA.
- Godoy, A. (2001). *Hidroponía cultivos sin tierra*. Guatemala: Magna Terra.
- Guerrero, D., Abad, C., Castillo, L., García, M., Navarrete, F., & Plasencia, D. (2020). *Diseño del proceso de implementación de cultivos hidropónicos en terrenos inutilizados en el distrito de Piura*. Piura: Universidad de Piura-UDEP.
- Hidalgo, C., & García, R. (2009). Comparativo de tres variedades de *Lactuca Sativa* (L.) lechuga en condiciones hidropónicas. En R. García, V. Carril, F. Alburqueque, M. Garrido, & G. Cruz, *Resúmenes de trabajos de investigación en cultivo de plantas "sin suelo"*. Tumbes: Universidad Nacional de Tumbes.
- Infoagro. (20 de Noviembre de 2008). *El cultivo de lechuga*. Obtenido de Infoagro.com: <https://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>
- Inga, M. (2008). *Comparativo de cuatro variedades de Lactuca Sativa, bajo condiciones hidropónico a raíz flotante y su efecto en el rendimiento en Iquitos Perú*. Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Ixcajoc, R. (2017). *Estudio de prefactibilidad para la inversión de un proyecto de cultivo hidropónico de lechuga Iceberg (Lactuca Sativa L. variedad capitata), en el municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Jones, J. (2014). *Hydroponics: A practical Guide for the Soilless Grower*. New York: CRC Press.
- Keit, R. (2003). *How -To Hydroponics*. New York: The Futuregarden, Inc.
- Liendo, A. (2014). *Crecimiento vegetativo de dos variedades de lechuga (Lactuca sativa L.) y su respuesta a tres soluciones hidropónicas en las estaciones de verano e invernadero*. San Agustín: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- López, J. (2019). *Producción de cultivos hidropónicos, Raphanus Sativus Rabanito cv Niger y Lactuca Sativa Lechuga Cv S. Anna, para la sostenibilidad de familias en la Urbanización Ventura Rosi del distrito del Rimac*. Lima: Universidad Nacional Federico Villareal.
- Maita, L. (2018). *Concentración de nitratos de lechuga (Lactuca Sativa L, Var Waldman) producidas en un sistema hidropónico de raíz flotante utilizando tres soluciones nutritivas, Arequipa- Perú*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

- Méndez, D. (2016). *Efecto de dos fuentes fosforadas en el rendimiento y calidad de Lactuca Sativa L. var. Crispa cv. Great Lakes, en sistema hidropónico en Santiago de Chuco, La Libertad*. Santiago de Chuco: Universidad Nacional de Trujillo.
- Mendoza, V. (2015). *Efecto de tres soluciones nutritivas en el rendimiento y calidad de Lactuca sativa L. Var. Capitata cv. White Boston en sistema hidropónico en Santiago de Chuco, La Libertad*. Santiago de Chuco: Universidad Nacional de Trujillo.
- Oasis, E. (2006). *Manual de hidroponía*. México: Oasis Gower Solutions.
- Pereda, Y. (2015). *Evaluación del rendimiento de tres cultivares de Lactuca sativa L. en sistema hidropónico a raíz flotante en Santiago de Chuco, La Libertad*. Santiago de Chuco: Universidad Nacional de Trujillo.
- Rámirez, G. (2017). *Sistema de producción hidropónica de lechuga (Lactuca Sativa L.)*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ricardo, J. (2019). *Evaluación del cultivo de lechuga hidropónica (Lactuca Sativa L.) en raíz flotante bajo diferentes soluciones nutritivas*. La Libertad-Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Rincón, L. (2010). *La fertirrigación de la lechuga Iceberg*. Madrid: Ediciones Paraninfo S.A.
- Rodríguez, V. (2015). *Efecto de tres soluciones nutritivas en el rendimiento y calidad de Lactuca sativa L. Var. Capitata cv. White Boston en sistema hidropónico en Santiago de Chuco, La libertad*. Santiago de Chuco: Universidad Nacional de Trujillo.
- Rodríguez, A., & Chang, M. (2017). *Curso Práctico de Hidroponía - Centro de Investigación de Hidroponía y Mineral*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Rodríguez, A., Chang, M., Hoyos, M., & Falcón, F. (2001). *Manual práctico de hidroponía*. Lima: Mekanobooks.
- Rodríguez, D. (2004). *Manual práctico de hidroponía*. Lima: Mekanobooks.
- Saavedra, G., Corradini, F., Antúnez, A., Felmer, S., Estay, P., & Sepúlveda, P. (2017). *Manual de producción de lechuga*. Santiago de Chile: Boletín INIA.
- Santos, B., & Rios, D. (2016). *Cálculo de sustancias nutritivas en suelo y sin suelo*. Tenerife: Servicio técnico de agricultura.
- Soria, J. (2012). *Curso de hidroponía básica para principiantes*. Cuba: Hidroponía y Acuarística del Caribe.

- Vásquez, J. (2015). *Evaluación agronómica de cinco variedades de lechuga (Lactuca Sativa.L) En tres ciclos de siembra consecutivos en San Miguel de La Triga, San Carlos, Alajuela. C.R. Sede regional San Carlos: Instituto Tecnológico de Costa Rica.*
- Vásquez, J., & Rogel, M. (2018). *Respuesta de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L.) a cuatro soluciones nutritivas, bajo condiciones hidropónicas en invernadero. Quito: Universidad Central de Ecuador.*
- Velásquez , S. (2019). *Densidad de siembra en la producción de lechuga (Lactuca Sativa L.) cv. Angelina, bajo condiciones de la Molina. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.*
- Vera, M. (2008). *Adaptación y comportamiento agronómico de diferentes híbridos de lechuga sembradas mediante sistemas hidropónicos de raíz flotante en la zona de Babahoyo. Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo.*
- Villablanca, A., & Villavicencio, A. (2010). Los fertilizantes en la agricultura. *Informativo INIA-ORURI*, 1-2.
- Zarate, M. (2014). *Manual de hidroponía. México: Universidad Nacional Autónoma de México.*

ANEXOS

Anexo 1: Matriz general de consistencia.

Título: “Evaluación de la producción de tres cultivares de <i>Lactuca Sativa</i> L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante, Distrito Veintiséis de Octubre-Piura, año 2022” Nombre del Tesista: Br. Yerson Leonardo Calle Cruz.				
PREGUNTAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES/INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Pregunta General: ¿Cómo afecta el uso de dos densidades de siembra en la producción final de tres cultivares de <i>Lactuca sativa</i> L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante, en el distrito Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, al año 2022?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>P.E.1. ¿Cómo afecta el uso de dos densidades de siembra en el rendimiento de tres cultivares de <i>Lactuca sativa</i> L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante?</p> <p>P.E.2. ¿Cómo afecta el uso de dos densidades de siembra en las características agronómicas de tres</p>	<p>Objetivo General: Evaluar el efecto dos densidades de siembra sobre la producción final de tres cultivares de <i>Lactuca sativa</i> L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante, en el distrito Veintiséis de Octubre, Provincia de Piura, año 2022.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>O.E.1. Determinar el efecto de dos densidades de siembra en el rendimiento de tres cultivares de <i>Lactuca sativa</i> L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante.</p> <p>O.E.2. Evaluar el efecto de dos densidades de siembra en las</p>	<p>Hipótesis General: Una de las dos densidades de siembra tendrá un mejor efecto en la producción final de los tres cultivares de <i>Lactuca Sativa</i> L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante, en el distrito Veintiséis de Octubre, Provincia de Piura, año 2022.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>H.E.1. Una de las dos densidades de siembra tendrá un mejor efecto en el rendimiento de la producción final de los tres cultivares de <i>Lactuca sativa</i> L, bajo sistema hidropónico a raíz flotante.</p> <p>H.E.2. Una de las dos densidades de siembra tendrá mejor efecto en las características agronómicas de la</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Densidad de siembra.</p> <p>-Densidad 1: 25 plantas por m² Distancia de 20 cm x 20 cm. -Densidad 2: 34 plantas por m² Distancia de 17 cm x 17 cm</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>Producción final del cultivo de <i>Lactuca sativa</i> L.</p> <p>Dimensiones</p> <p>a) Rendimiento</p> <p>Indicadores:</p> <p>-Número de hojas, - Peso fresco</p> <p>b) Características agronómicas</p> <p>Indicadores:</p> <p>-Altura de la planta,</p>	<p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Diseño: Experimental</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>Tipo: Aplicada</p> <p>Método: Análisis de varianza (ANVA)- Prueba de comparaciones múltiples de Duncan</p> <p>Recolección de datos:</p> <p>La recolección de información se realizará mediante una muestra del cultivo</p> <p>Procesamiento de datos:</p> <p>La información será procesada mediante el</p>

<p>cultivares de <i>Lactuca sativa</i> L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante?</p> <p>P.E.3. ¿Cómo afecta el uso de dos densidades en la rentabilidad de la producción de tres cultivares de <i>Lactuca sativa</i> L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante?</p>	<p>características agronómicas de tres cultivares de <i>Lactuca sativa</i> L, en sistema hidropónico a raíz flotante.</p> <p>O.E.3. Determinar la rentabilidad de la producción final de los tres cultivares de <i>Lactuca sativa</i> L., empleando dos densidades de siembra, bajo sistema hidropónico a raíz flotante.</p>	<p>producción final de los tres cultivares de <i>Lactuca sativa</i> L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante.</p> <p>H.E.3. Una de las dos densidades de siembra reportará una mayor rentabilidad en la producción final de los tres cultivares de <i>Lactuca sativa</i> L., bajo sistema hidropónico a raíz flotante.</p>	<p>-Longitud de la raíz, -Diámetro de la planta -Peso de la raíz -Peso de la planta</p> <p>c) Rentabilidad del cultivo</p> <p>- Rentabilidad según cultivar</p>	<p>procesador de datos Microsoft Excel</p> <p>Sistema hidropónico: Sistema a raíz flotante</p> <p>Solución Nutritiva: Solución compuesta de “Hidropónica A-B-C”</p> <p>Etapas del manejo del cultivo</p> <p>a) Instalación del almácigo b) Manejo del almácigo c) Trasplante definitivo d) Aplicación de la solución nutritiva e) Control de plagas y enfermedades f) cosecha</p>
---	---	---	--	---

Anexo 2: Resultado de análisis de laboratorio para el agua



Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Vista Florida - Chiclayo

LABORATORIO ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUA

Tipo de análisis:	Completo
Nombre:	YERSON LEONARDO CALLE CRUZ
Procedencia:	DISTRITO 26 DE OCTUBRE -PIURA
Muestra:	AGUA DE RED
Fecha de emisión:	05/07/2021

Muestra	
pH	7.45
Cec (Micromhos/Cm)	906
cationes (meq/l)	
Calcio (Ca)	2.23
Magnesio (Mg)	0.67
Sodio (Na)	5.76
Potasio (K)	0.08
Suma de Cationes	8.74
Aniones (meq/l)	
Carbonatos (CO ₃)	N. E
Bicarbonatos (HCO ₃)	2
Cloruros (Cl)	5.7
Sulfatos (SO ₄)	1.34
Suma de aniones	9.04
RAS	4.78
CO ₃ Na Residual	0.00
Clase	C3 S1

Resultado: El resultado analítico de la muestra de agua de red está indicando que tiene un pH de reacción medianamente alcalina, siendo el contenido de sales solubles de nivel bajo, siendo el Sodio de valor bajo y el RAS de valor bajo. Esta calidad de agua permite el uso para hidroponía, en el cultivo de lechuga, también para hortaliza de hoja como espina, col, etc.

Ing. Dante Bolivia Díaz
Jefe Laboratorio de Química y Suelos

Anexo 3. Parámetros de conductividad, pH y temperatura en el experimento

Parámetros	Tratamientos		
Bloque III	T1-T5	T3-T2	T6-T4
Conductividad eléctrica (ds/m)	3.150	3.500	6.093
pH	6.53	6.53	6.54
Temperatura	24.8	24.8	24.2
Bloque II	T3-T6	T4-T1	T5-T2
Conductividad eléctrica (ds/m)	3.750	3.359	3.718
pH	6.46	6.53	6.54
Temperatura	24.8	24.8	24.9
Bloque I	T1-T2	T5-T4	T3-T6
Conductividad eléctrica (ds/m)	2.937	3.906	4.062
pH	6.59	6.53	6.43
Temperatura	24.5	25	25.1

Fuente: toma de datos en el experimento.

Anexo 4. Resultados de cosecha

Tabla 4.1. Resultados obtenidos para número de hojas por planta

NÚMERO DE HOJAS							
BLOQUE	TRATAMIENTOS						TOTAL BLOQUE
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
I	11.6	14.6	14.6	17.7	15.1	15.9	89.5
II	12.7	15.2	15.2	14.5	16.3	16.1	90.0
III	11.9	12.9	16.2	13.4	14.9	13.2	82.5
Total	36.2	42.7	46.0	45.6	46.3	45.2	262.0
Promedio	12.1	14.2	15.3	15.2	15.4	15.1	14.6

Tabla 4.2. Resultados obtenidos para peso fresco total por planta

PESO FRESCO TOTAL							
BLOQUE	TRATAMIENTOS						TOTAL BLOQUE
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
I	91.4	36.9	64	37.7	108.9	65.3	404.2
II	73	30.2	70.7	80.3	29.5	76.4	360.1
III	77.5	22.1	85.1	55.3	44.5	74.9	359.4
Total	241.9	89.2	219.8	173.3	182.9	216.6	1,123.7
Promedio	80.6	29.7	73.3	57.8	61.0	72.2	62.4

Tabla 4.3. Resultados obtenidos para altura de la planta

ALTURA DE LA PLANTA							
BLOQUE	TRATAMIENTOS						TOTAL BLOQUE
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
I	20.2	15.5	23.9	16.5	20.8	22.1	119.0
II	15.4	17.3	22.7	17.7	15.5	22.6	111.2
III	17.9	16.4	26.2	26.8	18.4	19.7	125.4
Total	53.5	49.2	72.8	61.0	54.7	64.4	355.6
Promedio	17.8	16.4	24.3	20.3	18.2	21.5	19.8

Tabla 4.4. Resultados obtenidos para longitud de la raíz

LONGITUD DE LA RAÍZ							
BLOQUE	TRATAMIENTOS						TOTAL BLOQUE
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
I	21.7	22.0	23.7	26.0	28.9	16.4	138.7
II	28.6	23.1	19.7	27.6	21.7	20.5	141.2
III	26.3	21.5	23.7	24.0	27.4	26.2	149.1
Total	76.6	66.6	67.1	77.6	78.0	63.1	429.0
Promedio	25.5	22.2	22.4	25.9	26.0	21.0	23.8

Tabla 4.5. Resultados obtenidos para el diámetro de la planta

DIAMETRO DE LA PLANTA							
BLOQUE	TRATAMIENTOS						TOTAL BLOQUE
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
I	12.7	14.9	15	10.3	13.6	12.6	79.1
II	11.1	12.1	14.9	11.3	11.3	15.3	76.0
III	12.6	11.7	20.4	16.4	14.5	12.6	88.2
Total	36.4	38.7	50.3	38.0	39.4	40.5	243.3
Promedio	12.1	12.9	16.8	12.7	13.1	13.5	13.5

Tabla 4.6. Resultados obtenidos para peso de la raíz

PESO DE LA RAÍZ							
BLOQUE	TRATAMIENTOS						TOTAL BLOQUE
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
I	7.6	3.8	6.4	3.7	8.6	6.2	36.3
II	5.1	3.3	6.4	5.3	2.9	7	30.0
III	5.8	2.7	9	5	4.2	5.5	32.2
Total	18.5	9.8	21.8	14.0	15.7	18.7	98.5
Promedio	6.2	3.3	7.3	4.7	5.2	6.2	5.5

Tabla 4.7. Resultados obtenidos para peso de la planta

PESO DE LA PLANTA							
BLOQUE	TRATAMIENTOS						TOTAL BLOQUE
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
I	83.8	33.1	57.6	34	100.3	59.1	367.9
II	67.9	26.9	64.3	75	26.6	69.4	330.1
III	71.7	19.4	76.1	50.3	40.3	69.4	327.2
Total	223.4	79.4	198.0	159.3	167.2	197.9	1,025.2
Promedio	74.5	26.5	66.0	53.1	55.7	66.0	57.0

Anexo 5. Evidencia del experimento

Fotografía 1: Construcción de unidades experimentales del sistema a raíz flotante



Nota: en la imagen se observa la construcción de los contenedores según las densidades de siembra, de las unidades experimentales.

Fotografía 2: Recolección de plántulas de lechuga listas para trasplante



Nota: Una vez que las plantas alcanzaron el tamaño requerido se procedió a su recolección para el trasplante definitivo.

Fotografía 3: Plántulas de lechuga para trasplante definitivo



Nota: en la imagen se observa la recolección de plántulas para el trasplante definitivo.

Fotografía 4: Trasplante de las plántulas al sistema hidropónico de raíz flotante



Nota: en la imagen se observa la colocación de las plántulas en las unidades experimentales.

Fotografía 5: Llenado de contenedores



Nota: una vez trasplantadas las plántulas de lechuga se procedió al llenado de contenedores y suministro de solución nutritiva, de acuerdo a las indicaciones.

Fotografía 6: Monitoreo del cultivo



Nota: en la imagen se observa la medición de parámetros como temperatura del agua, pH (acidez), y conductividad eléctrica, los cuales son indispensables en el monitoreo del cultivo, semana a semana.

Fotografía 7: Plaga de insecto barrenador de lechuga



Nota: en la imagen se observa una pupa de insecto, encontrado en el cultivar Great Lakes, en el monitoreo y evaluación de plagas del del cultivo.

Fotografía 8: Larva de gusano de lechuga



Nota: en la imagen se observa una larva de *spodoptera* "sp" encontrado en el cultivar Great Lakes, durante el monitoreo y control de plagas en el experimento.

Fotografía 9: Lechuga lista para cosecha



Nota: en la imagen se observa la lechuga lista para cosecha, la cual se realizó a los 50 días.

Fotografía 10: Toma de resultados de indicadores de cosecha



Nota: en la imagen se observa la toma de resultados de los indicadores de cosecha.