



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

CENTRO DE POSTGRADOS

MAESTRÍA EN AGRONOMÍA

MENCIÓN SISTEMAS AGROPECUARIOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN AGRONOMÍA MENCIÓN SISTEMAS AGROPECUARIOS

EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.)
CHEROKEE RZ (81 - 36) Y STARFIGHTER RZ (81 - 85), CULTIVADAS EN
SISTEMA HIDROPONICO: TECNICA DE PELICULA NUTRITIVA (NFT) Y
SISTEMA CONVENCIONAL EN EL CIPCA, PROVINCIA DE NAPO.

AUTORA:

VERÓNICA ESTEFANÍA MOROCHO NOBOA.

DIRECTOR DEL PROYECTO:

DR. JAVIER DOMÍNGUEZ BRITO, PHD.

PUYO - ECUADOR

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Verónica Estefanía Morocho Noboa con cédula de identidad 2100686175, declaro ante las autoridades educativas de la Universidad Estatal Amazónica, que el contenido del Proyecto de Innovación titulado: “Evaluación de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Cherokee Rz (81 - 36) y Starfighter Rz (81 - 85), cultivadas en sistema hidropónico: Técnica de Película Nutritiva (NFT) y sistema convencional en el CIPCA, Provincia de Napo”, es absolutamente original, auténtico y personal.

En tal virtud y según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación y Desarrollo son de exclusiva responsabilidad de la autora; y que los resultados expuestos pertenecen a la Universidad Estatal Amazónica.

Puyo, 16 de agosto de 2020



Verónica Estefanía Morocho Noboa

C.I.: 2100686175

AVAL

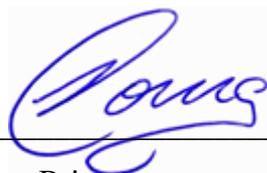
Quien suscribe Javier Domínguez Brito, Director del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Innovación titulado: Evaluación de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Cherokee Rz (81 - 36) y Starfighter Rz (81 - 85), cultivadas en sistema hidropónico: Técnica de Película Nutritiva (NFT) y sistema convencional en el CIPCA, Provincia de Napo a cargo de Verónica Estefanía Morocho Noboa egresada de la segunda cohorte de la Maestría en Agronomía mención Sistemas Agropecuarios de la Universidad Estatal Amazónica.

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Innovación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución por lo que se encuentra listo para ser sustentado.

Por lo antes expuesto se avala el Proyecto de innovación para que sea presentado ante la Dirección de Posgrado como forma de titulación como Magister en Agronomía mención Sistemas Agropecuarios y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que a si conste, firmo la presente a los 16 días del mes de agosto de 2020.

Atentamente,



Javier Domínguez Brito.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INNOVACION

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Este Proyecto de Innovación fue revisado y aprobado por el siguiente tribunal de sustentación de la Universidad Estatal Amazónica:



Dr.C Reinaldo Demesio Alemán Pérez, PhD.

PPRESIDENTE DEL TRIBUNAL



MsC. Sandra Soria Re.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Dr.C Segundo Benedicto Valle Ramírez, PhD.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento a Dios, quien ha permitido concluir otra etapa más en mi vida, la cual ha sido posible gracias al sacrificio de mis padres y el apoyo de mis hermanos.

Gratitud también a mi tutor Dr. Javier Domínguez Brito PhD quien ha tenido la capacidad de transmitir sus conocimientos e inspirar confianza por su responsabilidad y dedicación para la ejecución del presente proyecto.

A todos mis maestros y maestras, en especial a quien considero mi amiga MSc. Sandra Soria Re quienes no solo aportaron con sus conocimientos sino también fomentaron valores que contribuyeron en mi formación tanto personal como profesional.

A las estudiantes, Leidy Chacha y Nahomi Chávez, por su colaboración en el proyecto.

Finalmente, a la Universidad Estatal Amazónica por abrir sus puertas a través del departamento de Postgrado y darme la oportunidad de seguir preparándome.

A todos ¡Muchas Gracias!

Verónica Estefanía Morocho Noboa.

DEDICATORIA

A Dios porque es la razón de mi existencia.

A mi padre Miguel Morocho y a mi madre Oliva Noboa, quienes me han brindado su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, y esta no ha sido la excepción. También a mis hermanos José, Miriam y David porque han sido mis compañeros de vida y de cada fase en mi formación como profesional.

A mi gran amigo, consejero y guía espiritual David Pino.

A mi Tutor Dr. Javier Domínguez Brito PhD y a la MsC. Sandra Soria Re.

A Betty Reinoso, Alejandra Díaz, Carlos Congo y Fabricio Moreno por las experiencias compartidas en clases.

Verónica Estefanía Morocho Noboa.

RESUMEN EJECUTIVO

El experimento fue desarrollado en el “Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica” (CIPCA), Ecuador. Se evaluó el comportamiento morfofisiológico y productivo de las variedades de lechuga Cherokee Rz (81 – 36) y Starfighter Rz (81 - 85) en el sistema hidropónico NFT y convencional a campo. Se construyó una estructura tipo “A” bajo invernadero, 20 tubos de cultivo separados a 0,207 m y entre plantas 0,200 m para un total de 24 plantas/m², a campo, se utilizó la misma distribución y marco de plantación. Además, se empleó un Diseño experimental Completamente Aleatorizado (DCA) con tres repeticiones, y se aplicó un análisis de varianza, la comparación de medias de los tratamientos se realizó mediante la Prueba de Rango Múltiples de Tukey al 5% de probabilidad, los datos se tomaron desde los 14 días del trasplante y progresivamente cada 7 días. Finalmente, los resultados mostraron mejor comportamiento de la Starfighter en cada sistema, pero, se destaca el hidropónico, ya que se cosechó a los 35 días después del trasplante, alcanzando 17 hojas por planta, 2 225,6 cm² de área foliar y un rendimiento agrícola de 21 553,3 kg/ha. Finalmente, el sistema NFT reportó un VAN de \$ 4 400,94, una TIR del 26,79% y un índice B/C de \$ 0,13, mientras que, en el sistema convencional el VAN obtenido fue \$ 1 669,97, una TIR de 52,29% y un B/C de \$ 0,09, por lo tanto, el proyecto puede ser aceptado en ambos casos, sin embargo, el sistema hidropónico tuvo mayores utilidades.

Palabras clave: hidroponía, morfofisiología, índice de cosecha, rendimiento agrícola, beneficio/costo.

ABSTRACT AND KEYWORDS

The experiment was developed at the "Amazon Research, Postgraduate and Conservation Center" (CIPCA), Ecuador. The morphophysiological and productive behavior of the Cherokee Rz (81-36) and Starfighter Rz (81-85) varieties were evaluated in the NFT and conventional field hydroponic system. A type "A" structure was built under the greenhouse, 20 culture tubes separated at 0,207 m and between plants 0,200 m for a total of 24 plants/m², in the field, the same distribution and planting framework was used. In addition, a Completely Randomized Experimental Design (ACD) with three replications was used, and an analysis of variance was applied, the comparison of means of the treatments was carried out by means of the Tukey Multiple Range Test at 5% probability, the data were they took from 14 days after transplant and progressively every 7 days. Finally, the results showed better Starfighter performance in each system, but hydroponic stands out, since it was harvested 35 days after transplant, reaching 17 leaves per plant, 2 225,6 cm² of leaf area and a yield agricultural of 21 553,3 kg/ha. Finally, the NFT system reported a NPV of \$ 4 400,94, an IRR of 26,79% and a B/C index of \$ 0,13, while, in the conventional system, the NPV obtained was \$ 1 669,97, an IRR of 52,29% and a B/C of \$ 0,09, therefore, the project can be accepted in both cases, however, the hydroponic system had higher profits.

Keywords: hydroponics, morphophysiological, harvest index, agricultural yield, benefit/cost.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Página
CAPITULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. SITUACIÓN PROBLEMICA.....	2
1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMA.....	2
1.3. HIPÓTESIS.....	2
1.4. OBJETIVOS.....	2
1.4.1. Objetivo general	2
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
CAPITULO II	4
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Cultivo de lechuga.....	4
2.2. Propiedades nutricionales.....	4
2.3. Importancia económica mundial y local de la lechuga	4
2.4. Características morfológicas de la lechuga	5
2.5. Variedad Batavia	5
2.5.1. Cherokee Rz (81 – 36)	5
2.5.2. Starfighter Rz (81 – 85).....	6
2.6. Ciclo fenológico del cultivo	6
2.7. Requerimientos edafoclimáticos	6
2.8. Manejo del cultivo de lechuga	7
2.8.1. Sistema convencional.....	7
2.9. Origen de la hidroponía.....	8
2.9.1. Técnica de película nutritiva recirculante (NFT)	8
2.9.2. Producción del cultivo de lechuga bajo NFT	8
2.9.3. Requerimientos del cultivo de lechuga mediante la técnica NFT	9

2.9.4.	Manejo de la solución nutritiva	9
CAPITULO III		11
3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
3.1.	Localización	11
3.2.	Caracterización edafoclimática y agua.....	11
3.3.	Tipo de Investigación	12
3.3.1.	Descripción de los factores.....	12
3.3.2.	Descripción de los tratamientos	12
3.3.3.	Variables.....	12
3.4.	Métodos de investigación.....	13
3.4.1.	Construcción del sistema hidropónico NFT	13
3.4.2.	Instalación del sistema de distribución de la solución nutritiva	13
3.4.3.	Instalación del sistema de retorno de la solución nutritiva.....	14
3.4.4.	Trasplante de las plántulas	16
3.4.5.	Manejo de la solución nutritiva	17
3.4.6.	Labores culturales posterior al trasplante	18
3.4.7.	Cosecha	18
3.5.	Manejo del sistema convencional a campo	18
3.5.1.	Labores pre culturales	18
3.5.2.	Labores culturales	19
3.5.3.	Cosecha	20
3.5.4.	Variables evaluadas en los dos sistemas	20
3.6.	Tratamientos de datos.....	22
3.6.1.	Análisis estadístico	22
3.6.2.	Análisis económico	22
3.7.	Materiales y equipos.....	24
3.7.1.	Materiales para la construcción de sistema hidropónico	24
3.7.2.	Materiales para la preparación del terreno	25
3.7.3.	Equipo de laboratorio	25

3.7.4. Material biológico y solución nutritiva	25
CAPITULO IV	26
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1. Altura de la planta, número de hojas, área foliar y peso fresco en el momento del trasplante. 26	
4.2. Comportamiento de algunos indicadores de crecimiento y desarrollo del cultivo de la lechuga según el sistema de cultivo.	26
4.3. Acumulación de materia seca por órganos vegetativos del cultivo de lechuga según la variedad en el sistema de cultivo.....	37
4.4. Comportamiento de los rendimientos biológico y económico del cultivo de lechuga según el sistema de cultivo utilizado.	41
4.5. Comportamiento del rendimiento agrícola del cultivo de lechuga según el sistema de cultivo utilizado.....	43
4.8. Análisis de rentabilidad del cultivo de lechuga.....	45
4.8.1. Sistema de producción hidropónico NFT.....	45
4.8.2. Sistema de producción convencional	49
CAPITULO V	54
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
5.1 CONCLUSIONES	54
5.2. RECOMENDACIONES	54
6. REFERENCIA BIBIOGRÁFICA.....	55
7. ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los tratamientos.....	12
Tabla 2. Componentes de la solución nutritiva.....	16
Tabla 3. Media de la altura de la planta, número de hojas, área foliar y peso de las plántulas de lechuga al momento del trasplante	26
Tabla 4. Medias de las variables morfológicas de las variedades de lechuga en el sistema hidropónico NFT y convencional (C) a los 14, 21, 28, 35 y 42 días desde el trasplante.....	26

Tabla 5. Medias de las variables morfofisiológicas de las variedades de lechuga en el sistema hidropónico NFT y convencional (C) a los 14, 21, 28, 35 y 42 días desde el trasplante.....	31
Tabla 6. Medias de la variable morfológica de las variedades de lechuga en el sistema hidropónico NFT y convencional (C) a los 28, 35 y 42 días desde el trasplante.....	35
Tabla 7. Medias de la variable fisiológica de las variedades de lechuga en el sistema hidropónico NFT y convencional (C) a los 28, 35 y 42 días desde el trasplante.....	36
Tabla 8. Medias de las variables fisiológicas de las variedades de lechuga en el sistema hidropónico NFT y convencional (C) a los 28, 35 y 42 días desde el trasplante.....	38
Tabla 9. Medias de las variables fisiológicas de las variedades de lechuga en el sistema hidropónico NFT y convencional (C) en el momento de la cosecha.....	41
Tabla 10. Medias del rendimiento agrícola de las variedades de lechuga en el sistema hidropónico NFT y convencional (C) en el momento de la cosecha.....	43
Tabla 11. Costos de inversión para un sistema de cultivo NFT.....	45
Tabla 12. Costos de producción para cinco años de uso del sistema NFT.....	46
Tabla 13. Proyección de ingresos por venta para cinco años de uso del sistema NFT.....	47
Tabla 14. Resumen del estado de resultados para cinco años de uso del sistema NFT.....	47
Tabla 15. Depreciación de activos y valor de rescate para cinco años de uso del sistema NFT.....	48
Tabla 16. Análisis de rentabilidad (VAN, TIR, B/C) para cinco años de uso del sistema NFT.....	49
Tabla 17. Costos de inversión para un sistema de cultivo convencional a campo.....	50
Tabla 18. Costos de producción para cinco años de uso del sistema convencional a campo.....	51
Tabla 19. Proyección de ingresos por venta para cinco años de uso del sistema convencional.....	51
Tabla 20. Resumen del estado de resultados para cinco años de uso del sistema convencional.....	52
Tabla 21. Depreciación de activos y valor de rescate para cinco años de uso del sistema convencional.....	52
Tabla 22. Análisis de rentabilidad (VAN, TIR, B/C) para cinco años de uso del sistema convencional.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variedad Cherokee Rz (81-36).	5
---	---

Figura 2. Variedad Starfighter Rz (81-85).	6
Figura 3. Ubicación geográfica del área de estudio (área de hortalizas en el CIPCA).....	11
Figura 4. Sistema de producción en estructura “A”	13
Figura 5. Tuberías de distribución de solución nutritiva.....	14
Figura 6. Tuberías de retorno de la solución nutritiva.	14
Figura 7. Distribución de las variedades en la estructura “A” bajo invernadero.....	15
Figura 8. Distribución de las variedades en el convencional a campo.	15
Figura 9. Frascos de solución nutritiva utilizados en el experimento.....	17
Figura 10. pH-metro EZ 9902.....	17
Figura 11. Lectura de la temperatura y humedad del invernadero.....	18
Figura 12. Lectura de la temperatura del suelo.....	19
Figura 13. Dinámica de la altura de la planta en las variedades de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional.....	28
Figura 14. Elongación del tallo en el sistema NFT a los 28 días.....	29
Figura 15. Dinámica del diámetro del tallo en las variedades de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional.....	30
Figura 16. Dinámica del número de hojas en las variedades de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional.....	32
Figura 17. Dinámica del área foliar en las variedades de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional.....	33
Figura 18. Dinámica del largo de las raíces en las variedades de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional.....	35
Figura 19. Dinámica del peso fresco en las variedades de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional.....	37
Figura 20. Acumulación de materia seca de las hojas en las variedades de lechuga bajo el sistema convencional y sistema hidropónico NFT.....	39
Figura 21. Acumulación de materia seca del tallo en las variedades de lechuga bajo el sistema convencional y sistema hidropónico NFT.....	40
Figura 22. Acumulación de materia seca de la raíz en las variedades de lechuga bajo el sistema convencional y sistema hidropónico NFT.....	40
Figura 23. Rendimiento biológico del cultivo de las variedades de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y el sistema convencional a campo.....	42
Figura 24. Rendimiento económico del cultivo de las variedades de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y el sistema convencional a campo.....	42

Figura 25. Rendimiento agrícola del cultivo de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional.....	44
Figura 26. Rendimiento agrícola de las variedades de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional.....	44

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Área foliar (m^2)	21
Ecuación 2: Índice de cosecha (ID).....	22
Ecuación 3: Modelo estadístico lineal utilizado se describe según la ecuación.....	22
Ecuación 4: Valor Actual Neto (VAN).....	23
Ecuación 5: Tasa interna de retorno (TIR).....	24
Ecuación 6: Relación Beneficio/Costo (B/C).....	24

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Plántulas de lechuga de la Var. Starfighter en el sistema NFT y Var. Cherokee en el sistema convencional en el momento del trasplante.....	66
Anexo 2. Plántulas de lechuga en el sistema hidropónico NFT a los 21 días de trasplante...66	66
Anexo 3. Plántulas de lechuga en el sistema convencional a campo a los 21 días de trasplante.....	67
Anexo 4. Altura de las plantas a los 21 días en el sistema NFT de la Var. Starfighter y de la Var. Cherokee en el sistema convencional.....	67
Anexo 5. Diámetro del tallo a los 21 días en el sistema NFT y a campo de la Var. Starfighter.....	68
Anexo 6. Diámetro del tallo bajo el sistema NFT y a campo de la Var. Starfighter y Cherokee a los 28 días.....	68
Anexo 7. Largo de la raíz de las plantas en el sistema NFT y en el sistema convencional a los 28 días.....	69
Anexo 8. Área foliar de las dos variedades a los 35 días después del trasplante.....	69
Anexo 9. Materia fresca de los órganos vegetativos cultivadas a campo.....	70
Anexo 10. a. Materia seca de las hojas, b. tallo y raíz cultivadas en los sistemas de cultivo...70	70
Anexo 11. Var. Cherokee cultivada bajo el sistema NFT a los 35 días (cosecha).....	71
Anexo 12 Var. Starfighter cultivada bajo el sistema NFT a los 35 días.....	71

Anexo 13. Var. Cherokee cultivada bajo el sistema convencional a los 42 días (cosecha)...	72
Anexo 14. Variedad Starfighter cultivada bajo el sistema convencional a los 42 días.....	72
Anexo 15. Cultivo de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT a los 35 días después del trasplante.....	73
Anexo 16. Cultivo de lechuga bajo el sistema convencional a los 42 días después del trasplante.....	73

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, uno de los grandes problemas a los que la humanidad se enfrenta es la posibilidad de producir alimentos, especialmente hortalizas de calidad, y de manera sostenible; pues, parece ser una meta imposible de alcanzar de no haber cambios en el modo de producción en el mundo (Caldeyro, Cajamarca, Erazo, Aucatoma e Izquierdo, 2012), ya que América Latina y el Caribe, no tienen acceso a las hortalizas debido a su bajo poder adquisitivo; por lo tanto, la dieta común de una persona pobre en zona urbana, es de baja proporción proteica con casi ausencia de vegetales y frutas (Calero, 2011).

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es considerada la hortaliza de hoja por excelencia, con alta demanda y producción a nivel internacional y nacional debido a su calidad culinaria como alimento fresco (Rodríguez, Ortega y Piñeros, 2018). Es importante en la dieta de la población, ya que son fuentes de minerales, vitaminas, carotenos; además, indican Montaña, Raimundo y Aquiles, (2018) que presenta un 95 % de agua. Y, es cultivada en forma intensiva, tanto en áreas rurales como urbanas bajo diferentes sistemas de cultivo; al aire libre, invernadero, suelo e hidroponía (Baslam, Morales, Garmendia y Goicoechea, 2013).

México y Chile son los mayores productores de lechuga en Latinoamérica, señalan Ramírez et al. (2018). En el Ecuador, sobresale la región Sierra ya que las condiciones climáticas son óptimas; pero, en la Amazonía es escasa la cultura de sembrar hortalizas porque no son ideales sus condiciones edafoclimáticas, lo cual ha generado bajo rendimiento y baja rentabilidad (Alemán, Bravo y Oña, 2014).

Sin embargo, existen alternativas hidropónicas como la técnica de película nutritiva (NFT), capaz de obtener hortalizas de calidad sanitaria, mayor número de cosechas, mayor rendimiento, crecimiento precoz de las plantas, frente a las cultivadas en campo (Terceros y Villacorta, 2019), debido a que, es una técnica que utiliza poco espacio, se fundamenta en la circulación continua de solución nutritiva a través de las raíces, la misma que será mezclada con agua y circulará por tubos de PVC, llamados canales de cultivo, es importante mencionar que es posible usar materiales reciclados, generando una disminución de la inversión inicial (Urdiales y Espín, 2018), además, la estructura del sistema puede ser de forma rectangular, vertical y escalonada o en “A” (Leyva-Ovalle, 2016).

1.1. SITUACIÓN PROBLEMICA

En la Amazonía Ecuatoriana, la calidad de los suelos y condiciones ambientales no satisface los requerimientos para el desarrollo de las hortalizas, debido a la lixiviación de nutrientes y escaso perfil laborable provocado por las altas precipitaciones; por consiguiente, los suelos son pobres en materia orgánica.

Además, existe poca cultura de sembrar especies hortícolas; pues, los productores carecen de experiencia en la aplicación de otras técnicas de cultivo como la técnica de película nutritiva recirculante; por tanto, no disponen de resultados científicos que fundamenten el comportamiento de la lechuga bajo este sistema. Por último, los vegetales que consumen en esta región provienen de la Sierra con precios de venta elevados.

1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMA

Basado en lo expuesto anteriormente surge como problema científico:

¿Cómo alcanzar una producción sostenible de lechuga en las condiciones de la amazonia, en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA), en la provincia de Napo?

1.3. HIPÓTESIS

La técnica de película nutritiva (NFT) mejorará los indicadores morfofisiológicos y productivos del cultivo de lechuga para alcanzar una producción sustentable en el CIPCA, provincia de Napo.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Caracterizar el comportamiento morfofisiológico y productivo de las variedades de lechuga, bajo las condiciones del sistema hidropónico de película nutritiva y sistema convencional, en el CIPCA, provincia de Napo.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Evaluar los indicadores morfológicos y fisiológicos de las variedades Cherokee Rz (81 – 36) y Starfighter Rz (81 – 85) bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional en el CIPCA, provincia de Napo.
2. Determinar los rendimientos biológico, económico e índice de cosecha (IC) de las variedades Cherokee Rz (81 – 36) y Starfighter Rz (81 – 85) bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional en el CIPCA, provincia de Napo.
3. Determinar los componentes del rendimiento agrícola de las variedades Cherokee Rz (81 – 36) y Starfighter Rz (81 – 85) bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional en el CIPCA, provincia de Napo.
4. Determinar la relación beneficio/costo de la producción de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional en el CIPCA, provincia de Napo.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Cultivo de lechuga

La producción de las verduras es básica en la alimentación y nutrición de la población mundial. Por tanto, la hortaliza más importante del grupo de vegetales de hojas es la lechuga (*Lactuca sativa*), pues tiene una gran diversidad en cuanto a variedades y se cultiva en casi todos los países (Salusso, Plevich, Delgado, Ramos y Grosso, 2017). Actualmente, se cultiva al aire libre y en invernadero, sobre suelo o en forma hidropónica, esta última técnica evita las limitaciones que provocan las condiciones edafoclimáticas y luminosas (Beltrano y Giménez, 2015).

2.2. Propiedades nutricionales

La lechuga es rica en vitaminas A, C, E, B1, B2, B3, B9 y K, los principales minerales son: calcio, hierro, fósforo, potasio y aminoácidos. Las hojas externas más verdes tienen mayor contenido de vitamina C y hierro. No obstante, el aporte de nitrógeno en forma de proteína que se encuentra en estas hojas, es esencial como alimento. Además, es una fuente importante de beta carotenos y antioxidantes que ayudan en la prevención de enfermedades como el cáncer y la arterioesclerosis (Montaño, Raimundo y Aquiles, 2018). Así también, es facilitadora de la digestión y un gran depurativo gracias al contenido de agua (90 – 95 %) y potasio, ya que regula la concentración de insulina por lo que se sugiere su consumo a personas con diabetes (Valdivia y Almanza, 2016).

2.3. Importancia económica mundial y local de la lechuga

Según González (2017) los países con mayor producción de lechuga fueron China con 15 156 509 t y EE - UU con 4 070 780 t, seguidos por India, España, Irán, Japón, Turquía, México e Italia. El mismo autor señala que en Latinoamérica los mayores productores son México con 370 066 t y Chile con 101 559 t. Mientras que, en Ecuador se cultivan 1 145 ha de lechuga con un rendimiento promedio de 7 928 kg/ha; pero, el 70% de esta superficie es de variedad criolla y el 30% pertenece a híbridos como: lechuga roja, verde y romana (Pelchor, 2017). Además, Martínez (2019) indica que las principales provincias productoras de esta hortaliza son: Cotopaxi (481 ha), Tungurahua (325 ha) y Carchi (96 ha). Sin embargo, en la Amazonía es escasa la cultura de sembrar especies hortícolas (Alemán et al., 2014).

2.4. Características morfológicas de la lechuga

El-Esawi (2015) menciona que la lechuga es una planta herbácea anual, dicotiledónea, autógama, pertenece al reino Plantae, a la familia Compositae y su nombre botánico es *Lactuca sativa*. Por otro lado, las raíces son fibrosas, pivotantes, superficiales y con muchas ramificaciones con una longitud máxima de 25 cm de profundidad; las hojas están colocadas a manera de roseta dependiendo de la variedad se acogollan durante el desarrollo y en otras más tarde, el borde puede ser liso, ondulado o aserrado; los tallos pueden ser cortos, cilíndricos, blandos y cubiertos de follaje; las flores se agrupan en ramilletes de color amarillo pálido, y son hermafroditas, por último, la semilla tiene una forma picuda y plana, de color negro, blanco, amarillo o gris, según la variedad (Rubio, 2010).

2.5. Variedad Batavia

La lechuga se diversifica por poseer un sin número de variedades que difieren en su morfología y habito de crecimiento, por ello, señalan López, Javier, Fenoli, Hellin y Flores (2014) que Batavia se caracteriza por tener hojas no envolventes, una roseta plana y con bordes rizados, no forman cogollos, por dicha característica son mejores para implementarlas en hidroponía, aunque de igual forma se pueden desarrollar en el suelo (Rodríguez et al., 2018). Dentro de este grupo se encuentran las lechugas tipo; Icevic, Badger, Starfighter, Cherokee, entre otras (Flórez et al., 2012).

2.5.1. Cherokee Rz (81 – 36)

Es una variedad de color rojizo muy intenso y brillante tipo italiana (Figura 1), tiene un gran tamaño y corazón semi abierto con hojas medianamente rizadas, textura mantecosa y gruesas, lo que permite que tras el manipulado su aspecto comercial y calidad perduren durante más tiempo según Terán (2015).



Figura 1. Variedad Cherokee Rz (81-36).

2.5.2. Starfighter Rz (81 – 85)

Es una planta de tamaño grande tipo italiana, con hojas sueltas, delgadas, rizadas o crepas, presenta un color verde claro y forma buen cuerpo como se observa en la Figura 2; pero, requiere de un clima suave y húmedo para su cultivo y de esta manera obtener altos rendimientos (Salinas, 2014). El mismo autor señala que esta variedad al igual que la anterior se pueden cultivar en campo o hidroponía.



Figura 2. Variedad Starfighter Rz (81 – 85).

Por último, el ciclo de cultivo de lechuga bajo el sistema hidropónico, está entre 30 y 35 días aproximadamente, mientras que, para el sistema convencional de 40 a 60 días desde el trasplante a la cosecha (Espinoza Peña, Valqui y Chávez, 2018).

2.6. Ciclo fenológico del cultivo

Desde el punto de vista agronómico Tarqui, Chipana, Mena, Quino, Tallacagua y Gutiérrez (2017) distinguen las siguientes fases: plántula, comprende desde la germinación hasta la aparición de la tercera o cuarta hoja verdadera; roseta, se forman de 12 a 14 hojas verdaderas; formación de cabeza, se caracteriza por el encurvamiento de la nervadura central sobre el punto de crecimiento de la planta hasta que son completamente envueltas por las hojas superiores; maduración, se han formado un gran número de hojas en el interior, y en la fase de floración, el tallo floral brota a través de la parte superior del cogollo, posteriormente, se seca el involucro y se abre produciendo semillas.

2.7. Requerimientos edafoclimáticos

Para implementar un cultivo de lechuga y obtener una excelente producción, sugieren Carillo, Padilla, Flores, Avelar y Llamas (2015) una temperatura óptima entre 18 – 23 °C durante el día y de 7 a 15 °C durante la noche, la máxima puede ser de 30 °C y la mínima es

de hasta 6 °C, una humedad relativa de 60 a 80%, suelos ligeros entre arenoso – limosos, buen drenaje, un pH entre 6,7 y 7,4 y la conductividad eléctrica con un rango de 1 a 2,3 mS/cm (milisiemens sobre centímetro).

2.8. Manejo del cultivo de lechuga

2.8.1. Sistema convencional

Según Ramírez (2018), las principales labores son: pre culturales y culturales.

- Labores pre culturales

Preparación del terreno: se realizará de 30 a 45 días previo al trasplante, a una profundidad de 30 cm y 40 cm; con el objetivo de eliminar las malezas y roturar el suelo compacto para una mejor aireación e infiltración del agua, posteriormente, se nivelará el suelo con el empleo de rastrillos, y, finalmente, se hará una remoción del suelo para dejarlo mullido para fertilizar, la cual estará en función del análisis del suelo (Velásquez, Ruiz, Chaves y Luna, 2014).

Fertilización: por lo general, se aplican entre 4 y 8 t/ha de materia orgánica, 500 a 600 kg/ha de fertilizante completo y 500 a 600 kg/ha de cal dolomítica (Valderrama, 2016). Pero, en condiciones de la Amazonía, la gallinaza como fertilizante orgánico alcanza mayor área foliar y número de hojas entre los 14 y 21 días (Alemán, Bravo, Freile, Ibarra y Alba, 2018).

Trasplante de plántulas: se realiza durante las primeras horas de la mañana cuando el suelo está húmedo, para asegurar el sistema radical. Se trasplanta cuando las plántulas tienen de 3 a 4 hojas verdaderas y un largo promedio entre 8 y 10 cm, según Saavedra (2017).

- Labores culturales

Reposición: esta práctica se realiza con el objetivo de reponer aquellas plántulas que no llegaron a prender (Tarqui, 2017).

Control de malezas y aporque: se efectúa manualmente en 3 ocasiones; la primera, a los 15 días después del trasplante; la segunda, a los 30 días; y la última, a los 45 días, con la finalidad de mantener al cultivo libre de la competencia de las malezas (Velásquez et al., 2014).

Drenaje: se realiza cuando el terreno presenta exceso de agua sobre la superficie con la finalidad de mantener la humedad que requiere la planta, sin afectar su sistema radical y la absorción de nutrientes (Valderrama, 2016).

Manejo fitosanitario: para establecer un adecuado control de las enfermedades, es importante considerar un manejo integrado a través de un monitoreo, para aplicar la estrategia más adecuada; por ello, se realizan controles culturales como la eliminación de órganos enfermos, y, controles químicos, mediante el empleo de ingredientes activos autorizados; Boscalid, Clorotalonil, Tebuconazole, entre otros (Ramírez, 2018).

Cosecha: esta labor depende de las variedades de lechuga; pero, generalmente el ciclo de cultivo esta entre 40 y 60 días aproximadamente, cuando las plantas alcanzan su máximo desarrollo foliar (Salinas, 2014).

2.9. Origen de la hidroponía

El desarrollo de la hidroponía de acuerdo a Beltrano y Giménez (2015) surge desde el año 382 a. C; pero, la primera reseña escrita comienza en 1600, cuando el científico Jan Bautista Van Helmont descubrió que las plantas se desarrollan al obtener sustancias del suelo y del agua. Según Cruz (2016) la FAO, a inicios de 1996 presentó un taller de sistema hidropónico, como una opción complementaria para la producción de numerosos alimentos; inofensivos a la salud y adecuados para su comercialización. Por lo tanto, señala López (2018) que este sistema es muy antiguo, y surge como una necesidad para las poblaciones que habitan en zonas de tierras infértiles para cultivar; sin embargo, los problemas de riesgo medioambiental que se presentan con la pérdida, tanto de agua como fertilizantes por lixiviación, se solucionan mediante un tratamiento que involucra su reciclado (Espinoza et al., 2018).

2.9.1. Técnica de película nutritiva recirculante (NFT)

Dentro de los sistemas hidropónicos cerrados, según Delaide, Goddek, Gott, Soyeurt y Jijakli (2016) se encuentra la NFT, la cual consiste en la recirculación de la solución nutritiva a través de canales construidos, ya sea de tubos de PVC, polietileno o caña de guadua. Las plantas obtendrán los nutrientes por medio de sus raíces que cuelgan dentro de los tubos (Buenaventura, Sánchez, Castro y Carvajal, 2019). Por tanto, la solución nutritiva es bombeada hacia el extremo más alto de cada canal y fluye por gravedad hacia las tuberías de desagüe, hasta que finalmente, cae en el tanque (Baca, Rodríguez y Quevedo, 2016).

2.9.2. Producción del cultivo de lechuga bajo NFT

Señala Manzano (2018) que en comparación con otros sistemas, el sistema NFT requiere menos solución nutritiva y menos superficie de cultivo, pues, el cultivo de la lechuga

mediante el empleo de esta técnica, incrementa sustancialmente su rendimiento por unidad de superficie y tiempo, ya que se puede obtener 24 plantas/m²; es decir, tres veces más de lo establecido en 1 m² de suelo, y al acortarse el ciclo de cultivo, posibilita hasta 8 cosechas al año frente a 2 o 3 cosechas en el sistema convencional; además, puede llegar a producir hasta 23 t/ha, mientras que, de 5 a 7 t/ha en suelo (Santos, Gheyi, Soares y Días, 2013).

2.9.3. Requerimientos del cultivo de lechuga mediante la técnica NFT

Lima et al., (2018) mencionan que las plántulas requieren dos fases de trasplantes, en bandeja al vivero y posteriormente al lugar *in situ*, llevando controles de temperatura, pH y conductividad eléctrica. La temperatura oscila entre 22°C – 23°C. Este factor tiene un vínculo directamente proporcional con la cantidad de oxígeno consumido por la planta, ya que, si supera esta temperatura la concentración de oxígeno disuelto empieza a mermar (Smith, Ernie y Silva, 2015). La solución nutritiva debe manejar rangos de pH entre 5,5 a 6,5 y la conductividad eléctrica requiere entre 1000 - 3000 µS/cm, y no debe sobrepasar porque la absorción disminuye, afectando el crecimiento del cultivo debido a una mayor concentración de elementos minerales disueltos en la solución nutritiva (Santos, Gheyi, Soares y Días, 2013).

2.9.4. Manejo de la solución nutritiva

Según Balboa y Ruiz (2017) la formulación de la solución nutritiva y el control, junto a una adecuada elección de las fuentes de las sales minerales solubles, son la base del éxito para este sistema y el consumo por las plantas es constante.

Flujo de la solución nutritiva: es recomendable ajustar aproximadamente 2,5 L/min. Este caudal permite que las raíces de las plantas tengan una adecuada oxigenación, agua y nutrientes. Sin embargo, durante el crecimiento del cultivo, el flujo de la solución aumenta, para beneficiar el contacto con las raíces, ya que éstas crecen y se entrecruzan originando un colchón. Además, la solución nutritiva ocupa una altura de 50 a 60 mm dentro del tubo de cultivo con 24,32 L, dando un volumen de 584 litros para todos los tubos, más 400 litros en el tanque, se utiliza un total de 984 L (Sánchez, González, Moreno, Pineda y Reyes, 2014).

Oxigenación de la solución nutritiva: se oxigena por la fuerza que ejerce sobre el remanente de solución en el tanque colector, donde se produce turbulencia y aireación, así también por su circulación a través de los canales de cultivo; por ello, es importante dejar

distancia entre la desembocadura de la tubería colectora y el nivel de solución en el tanque (Urdiales y Espín, 2018).

Pendiente: la solución nutritiva debe ser impulsada desde el tanque hacia la parte elevada de los canales de cultivo, y luego desciende a través de ellos por gravedad, esta caída se produce gracias a la pendiente longitudinal o inclinación de un 2 % de los canales de cultivo (Delaide et al., 2016).

Intermitencia del flujo de la solución: la recirculación debe hacerse durante 5, 10, 15 o 20 minutos a intervalos de 1 hora, mediante el uso de un reloj "timer" programado previamente para el momento de detención y encendido del sistema (Balboa y Ruíz, 2017).

Duración y renovación de la solución nutritiva: la duración y renovación está en función de su formulación y los cuidados en su mantención, la cual no sólo se basa en el ajuste de volumen de agua, conductividad eléctrica y pH, sino también, debe encontrarse limpia. Es importante también realizar análisis químico, para sustituir las sales que se van agotando o renovando periódicamente, ya que, en los primeros estadios del cultivo las plantas consumirán aproximadamente 25,2 L/día, pero en el desarrollo y al finalizar el ciclo, su consumo será 100,8 L/día (Sánchez et al., 2014).

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La investigación se desarrolló en el área de hortalizas y verduras, en el Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) como se observa en la Figura 3, y se localiza en la provincia de Napo, Cantón Arosemena Tola, en el kilómetro 44 vía Puyo – Tena, con una temperatura promedio de 24° C, altitud de 547 msnm y precipitación anual entre 3654.5 y 5516 mm, geográficamente se encuentra en las coordenadas S01°14.270'W077°53.293' (Ramírez, González, Andrade y Torres, 2016).

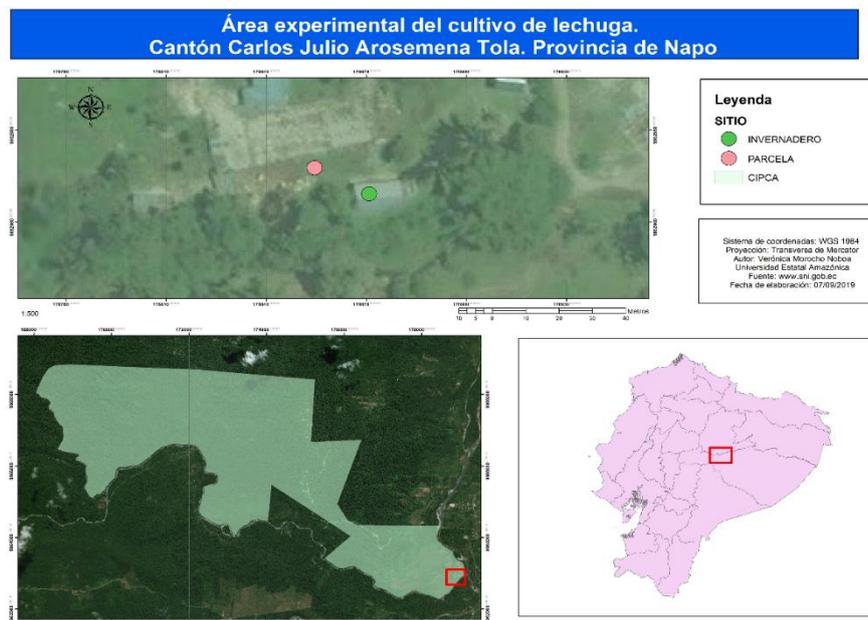


Figura 3. Ubicación geográfica del área de estudio (área de hortalizas en el CIPCA).

3.2. Caracterización edafoclimática y agua

El área de hortalizas y verduras se encuentra a una altitud de 580 msnm, la temperatura media en el invernadero estuvo entre 23,7 – 28,9 °C y en el campo entre 24,2 – 31 °C. Mientras que, Alemán et al. (2018) determinaron que los suelos de este sector son ácidos, debido a las altas concentraciones de macro y micro nutrientes en el horizonte superficial. El agua utilizada para el ensayo fue del río Piatúa, la cual estuvo ideal para el cultivo, ya que, según Amaral, Nader, Rossi, Ferreira y Barros (2003) indican como regla general que, si el agua es apta para el consumo humano, servirá para el cultivo hidropónico.

3.3. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es experimental; por lo tanto, se utilizó un diseño bifactorial debido a que, se determinó el comportamiento de las variedades Cherokee Rz (81 – 36) y Starfighter Rz (81 – 85), y de los sistemas de cultivo, tanto del sistema hidropónico NFT como del sistema convencional, así también, se evaluó las variables morfofisiológicas y productivas en la interacción entre las variedades de cada sistema. De esta manera se conformó cuatro tratamientos para el desarrollo de la investigación, con el propósito de identificar el mejor sistema de cultivo y variedad.

3.3.1. Descripción de los factores

Factor A: Tipos de sistemas de cultivo.

A1: Sistema hidropónico con técnica NTF

A2: Sistema convencional

Factor B: Variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

B1: Cherokee Rz (81 – 36)

B2: Starfighter Rz (81 – 85)

3.3.2. Descripción de los tratamientos

La combinación de los factores en estudio se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de la formulación de los tratamientos del experimento.

Número	Tratamientos	Descripción
1	NFTV1	Sistema hidropónico, Variedad 1 Cherokee Rz (81 – 36)
2	NFTV2	Sistema hidropónico, Variedad 2 Starfighter Rz (81 – 85)
3	CV1	Sistema convencional, Variedad 1 Cherokee Rz (81 – 36)
4	CV2	Sistema convencional, Variedad 2 Starfighter Rz (81 – 85)

3.3.3. Variables

Independientes: Sistemas de cultivo y variedades.

Dependientes: Variables morfológicas, fisiológicas y productivas.

3.4. Métodos de investigación

El desarrollo del experimento se realizó de la siguiente manera:

3.4.1. Construcción del sistema hidropónico NFT

Para cultivar las lechugas se empleó una estructura tipo “A” o escalonada de madera (Figura 4) con dimensiones del plano inclinado donde se apoyaron los tubos de cultivo de 2,4 m por 3,2 m de ancho de la parte abierta. Para su construcción se utilizó listones de madera de 76,2 x 76,2 mm (3" x 3") con las siguientes dimensiones: 6 de 2,10 m, 3 de 3,0 m, 6 de 2,5 m, 2 de 1,6 m y 1 de 2,0 m. En cada lado de la estructura se distribuyó diez tubos sanitario blancos de PVC perforados, con una pendiente del 2% montados sobre la base de madera, a una altura de 0,20 m sobre el piso, también se emplearon dos soportes de 0,40 m contruidos de varilla de hierro para los extremos de los tubos.

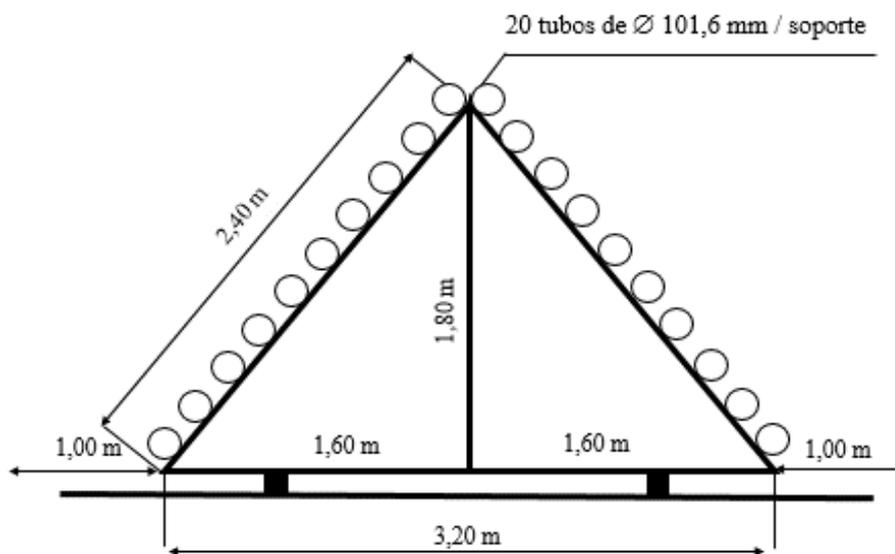


Figura 4. Sistema de producción en estructura “A”.

3.4.2. Instalación del sistema de distribución de la solución nutritiva

Posteriormente se conectaron las tuberías para suministrar la solución nutritiva al cultivo por medio de un tanque de 600 L, en su interior se colocó la bomba sumergible con caudal de 16 500 L/h, esta impulsó la solución a través de un conducto de 25,4 mm (1"), seguidamente al conducto de 19,05 mm (3/4") y finalmente los conductos de 6,35 mm (1/4") llevan la solución a los tubos de cultivo como se puede apreciar en la Figura 5.

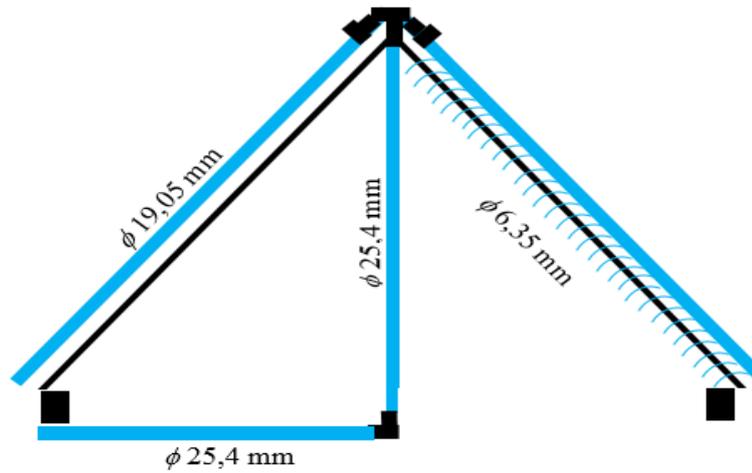


Figura 5. Tuberías de distribución de solución nutritiva.

3.4.3. Instalación del sistema de retorno de la solución nutritiva

Paralelo al sistema de distribución se colocó el sistema de retorno compuesto por conductos de 12,7 mm (1/2"), encargados de llevar la solución nutritiva desde los tubos de cultivo hasta el conducto de 25,4 mm que desemboca en el conducto de 101,6 mm encargado del retorno de la solución al tanque, como se observa en la Figura 6.

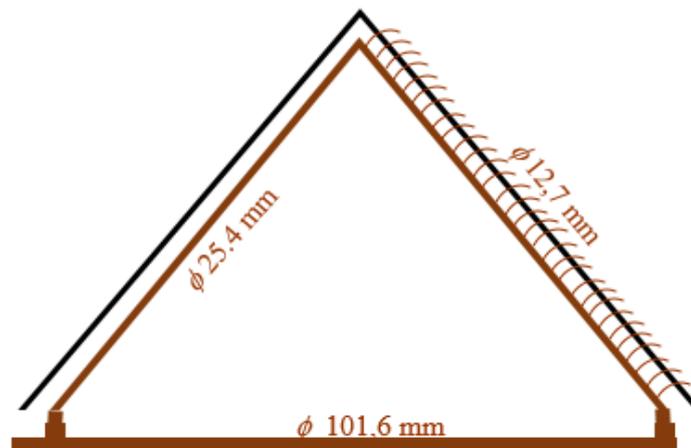


Figura 6. Tuberías de retorno de la solución nutritiva.

Finalmente, se instaló el sistema NFT en el invernadero con cubierta de plástico y contó con 20 tubos PVC de 3 m de largo por 4 pulgadas de diámetro, separados a 0,207 m y entre plantas 0,200 m con un área de cultivo de 14,4 m² para un total de 19 plantas/m², además, cada tubo contó con 14 plantas y el sistema convencional presentó la misma distribución y marco de plantación como se observa en la Figura 7 y 8. El área que cubre la unidad experimental "NFT" fue de 9,6 m² y la convencional a campo 30,14 m² con 280 plantas de lechuga para cada sistema.

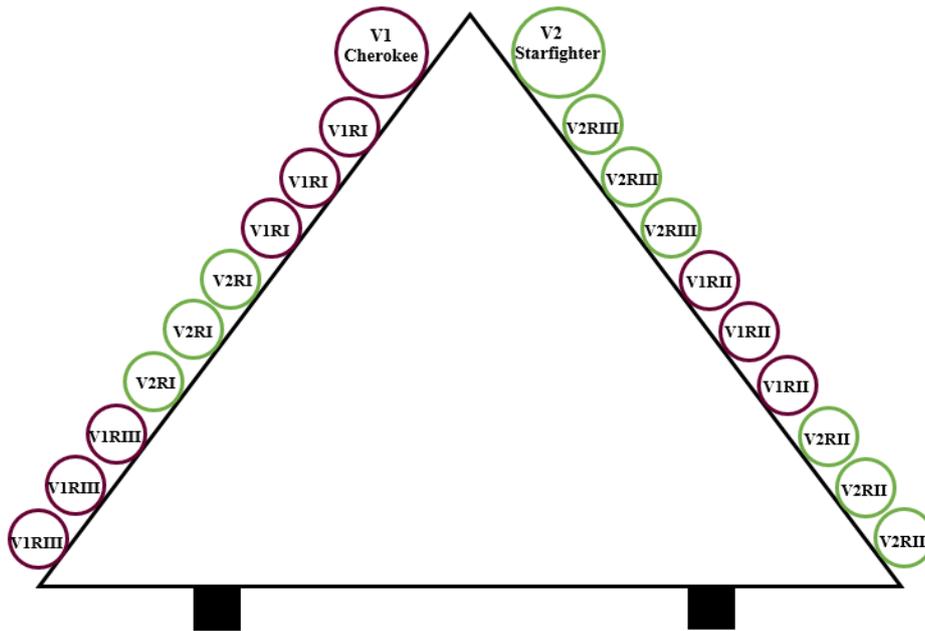


Figura 7. Distribución de las variedades en la estructura “A” bajo invernadero.

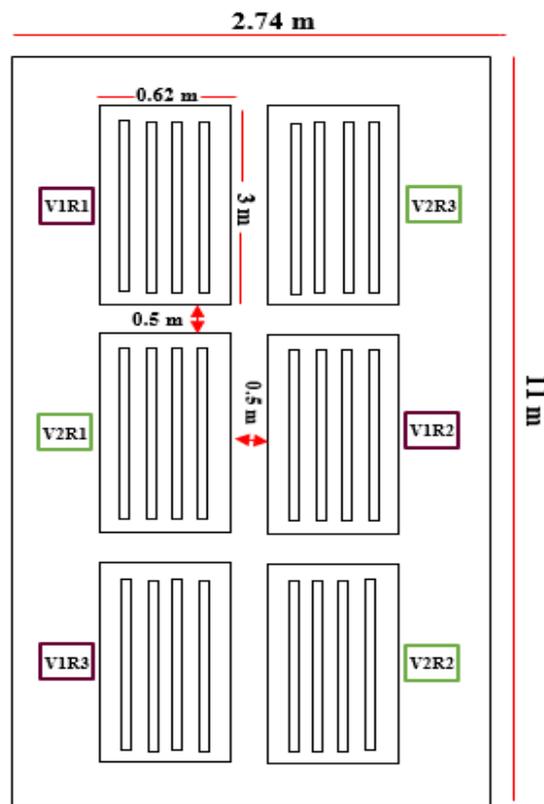


Figura 8. Distribución de las variedades en el convencional a campo.

3.4.4. Trasplante de las plántulas

Se cortó esponjas en forma de cubo, las cuales tenían una dimensión de 2 por 2 cm con una altura de 4 cm, luego se realizaron aperturas en la mitad de las esponjas, y se colocaron en ellas las plántulas después de haber extraído cuidadosamente del semillero y lavado las raíces, por último, se colocaron dentro de los vasos (con sus respectivos orificios en la base) la esponja con la plántula y estos en las perforaciones de los tubos.

Posterior al trasplante, se agitaron los 3 frascos (1 L cada uno) de solución nutritiva concentrada (Figura 9) para lechuga elaborada en “La Huerta Honfleur” y se colocaron en el tanque con agua, con la respectiva mezcla para su homogenización. Los frascos A y C contenían los macronutrientes y el frasco B los micronutrientes (Tabla 2).

Tabla 2. Componentes de la solución nutritiva.

	Elementos	Solución A	Solución C	Solución B	Total	Total, aplicado
Macronutrientes (g/100 ml)	N	1,11	0,07	0,21	1,39	13,9
	P	1,990	0,00	0,00	1,99	19,9
	S	0,03	0,01	1,08	1,12	11,2
	K	9,80	0,06	0,97	10,83	108,3
	Ca	0,72	13,16	0,45	14,33	143,3
	Mg	0,17	0,09	3,54	3,80	38,0
Micronutrientes (ml/L)	Zn	3,63	9,80	192,70	206,13	206,13
	Cu	0,07	0,02	143,2	143,29	143,29
	Fe	31	36	362	429,00	429,00
	Mn	26,2	31,3	853,7	912,20	912,20
	B	10,34	55,80	28,75	94,89	94,89

Fuente: Laboratorio de Suelos, Plantas y Aguas, INIAP – EECA. Orellana.



Figura 9. Frascos de solución nutritiva utilizados en el experimento.

3.4.5. Manejo de la solución nutritiva

Control del pH: se tomó la lectura usando un equipo multifuncional de la marca EZ-9902 (Figura 10) el cual se calibró con soluciones buffer durante el período de uso. Se midió dos veces al día durante las primeras semanas, posteriormente solo en las mañanas cada 8 días. No obstante, ya que en algunas lecturas el valor del pH superaba lo requerido, se corrigió con ácido nítrico al 5%, pero cuando bajaba se aplicó cal agrícola, insumos sugeridos por Baca (2016).

Control de la Conductividad Eléctrica (CE): la medición de la conductividad eléctrica se realizó a través de un equipo manual modelo EZ-9902 (Figura 10).



Figura 10. pH-metro EZ-9902.

Control de la temperatura del invernadero y de la solución nutritiva: la temperatura y humedad del invernadero se midió con un termohigrómetro (Figura 11).



Figura 11. Lectura de la temperatura y humedad del invernadero.

Flujo de la solución nutritiva: el caudal fue de 2,75 L/min, y cada tubo del cultivo alcanzó un volumen de 7 litros aproximadamente y para todos los tubos 140 litros, más los 800 L en el tanque, se obtuvo un total de 940 litros.

Intermitencia del flujo: se utilizó bombeo automatizado mediante timer para el arranque y apagado de la bomba, con una circulación de la solución nutritiva de 6 minutos y 1 hora de apagado.

Duración y renovación: la solución nutritiva no se renovó, ya que, duró todo el ciclo del cultivo. El consumo promedio por las plantas de lechuga fue de 37 ml/día/planta en todo el periodo. Reponiéndose el agua consumida del sistema semanalmente.

3.4.6. Labores culturales posterior al trasplante

No se hizo reposición de plantas porque se logró un 100 % de sobrevivencia y tampoco existió ataque de plagas ni enfermedades durante el desarrollo de cultivo.

3.4.7. Cosecha

Se cosechó cuando las plantas alcanzaron su máximo desarrollo foliar.

3.5. Manejo del sistema convencional a campo

3.5.1. Labores pre culturales

Preparación del terreno: se eliminó las malezas de forma manual y se removió el suelo mediante el empleo de azadones, una semana previa al trasplante se realizó la segunda remoción del suelo y se niveló con rastrillo.

Fertilización orgánica: las parcelas estudiadas estaban en barbecho antes del trasplante; sin embargo, se aplicó 100 kg de gallinaza. Alemán et al. (2018) en su experimento realizado en el CIPCA, señala que la gallinaza tiene una concentración de macronutrientes de 2,3% N, 1,66 % P, 1,45% S, 3,24% K, 7,78% Ca y 0,11% Mg, y de micronutrientes reportó 20 mg/kg de B, 115 mg/kg de Zn, 145 mg/kg de Cu, 592 mg/kg de Fe y 355 mg/kg de Mn.

Trasplante de plántulas

Se trasplantaron el mismo día que el sistema NFT, cuando las plántulas tenían de 3 a 4 hojas verdaderas y entre 8 y 10 cm de largo, de acuerdo a lo sugerido por Tarqui (2017).

Temperatura del suelo: se midió la temperatura con un termómetro para suelo como se aprecia en la Figura 12.



Figura 12. Lectura de la temperatura del suelo.

3.5.2. Labores culturales

Control de malezas: el control de malezas se efectuó manualmente en 3 momentos: la primera, a los 15 días; la segunda, a los 25 días y la última, a los 35 días del trasplante, con la finalidad de mantener al cultivo libre de competencia y darles firmeza a las plantas.

Fertilización de plantas: se aplicó cada 7 días, 1,26 ml/L de un fertilizante foliar bioestimulante llamado Evergreen, con un componente nutricional y regulador de 7 macroelementos y fitohormonas, los cuales actúan como promotores del crecimiento y de la maduración de los cultivos.

Drenaje: Se realizó de forma manual durante las tardes en los días que la temperatura excedía lo requerido para el cultivo.

Manejo fitosanitario: se consideró la sugerencia de Ramírez (2018) para el control de enfermedades y plagas a través del manejo integrado. Se monitoreó diariamente el cultivo, y se eliminó órganos enfermos con la finalidad de disminuir la presencia de enfermedades; pero, adicionalmente se aplicó ingredientes activos autorizados como el Phyton, fungicida y bactericida, preventivo, de contacto, formulado como solución acuosa para aplicar en aspersión al follaje, por tanto, controla un amplio espectro de hongos patógenos y algunas

bacterias, por cada litro contiene 240 g de sulfato de cobre pentahidratado y se aplicó cada 15 días 2,5 ml/L.

Mientras que, para el control de insectos se empleó durante el mismo periodo 0,75 ml/L de Katana, insecticida de contacto e ingestión del grupo de los piretroides formulado como emulsión concentrada, y por cada litro de producto comercial contiene 500 g de Clorpirifos y 50 g de Cipermetrina.

3.5.3. Cosecha

Se cosechó manualmente cuando las plantas alcanzaron su máximo desarrollo foliar, cortando al ras del suelo todas las plantas y eliminando las hojas que estaban en mal estado.

3.5.4. Variables evaluadas en los dos sistemas

Para determinar la dinámica de crecimiento de las plantas, se tomaron 14 muestras por repetición (siete plantas centrales por cada surco o tubo), las cuales estaban identificadas por medio de rótulos, y se evaluaron aquellas plantas que estaban en competencia intraespecífica perfecta evitando el efecto de bordes. Se midió a los 14, 21, 28, 35 y 42 días, las siguientes variables:

Largo y ancho de las hojas: se midió el largo de las hojas, desde el ápice hacia el punto donde se une con el tallo, y el ancho de las hojas, se midió en la parte media de la hoja con la ayuda de una regla. Estas variables se determinaron en las dos variedades solo en el momento del trasplante.

Altura de la planta (cm): se evaluó desde el trasplante hasta la cosecha. La altura de la planta se midió desde la base del cuello de la raíz, hasta el extremo superior del ápice de la hoja mediante un flexómetro.

Diámetro del tallo (mm): se midió en el cuello de la raíz con la ayuda de un calibrador, y se evaluó desde el trasplante hasta la cosecha.

Numero de hojas: se realizó un conteo del número de hojas producidas durante el desarrollo del cultivo, desde el trasplante hasta la cosecha.

Largo de raíz(cm): se midió desde el inicio del órgano radicular (cuello) hasta el ápice de la raíz mediante el empleo de un calibrador. Esta variable, se determinó a partir del día 14 en el sistema NFT, mientras que, en el sistema convencional se tomó desde el día 28 hasta la cosecha.

Área foliar (cm²): se determinó en tres momentos del crecimiento del cultivo, a los 14, 28, 35 días después del trasplante (ddt) y en la cosecha, la cual se obtuvo por el método de relación peso; es decir, método del cilindro. De cada hoja analizada (parte media y externa de la planta) se extraen tres discos de tejido fresco de la lámina foliar obtenidos con el cilindro, posteriormente, se obtiene la masa fresca de cada uno de los discos y se halla la media y el coeficiente de variación de los discos (Pire y Valenzuela, 1995). En consecuencia, se calculó el área foliar por planta a través de la relación entre el peso fresco total de las hojas, y el área unitaria del disco como se describe en la siguiente ecuación:

$$\text{Área foliar calculada} = \frac{\text{Peso total de las hojas} \times \text{Área del disco}}{\text{Peso promedio de los discos}} \quad (1)$$

Peso fresco (g): se pesó las plantas en una balanza con una precisión de 0,01 g. A partir de los 14 días después del trasplante se tomó en el sistema NFT, mientras que, en el sistema convencional a campo se tomó desde el día 28 hasta la cosecha.

Materia seca por órganos vegetativos: se consideró esta variable a partir del día 28 hasta el momento de la cosecha en los dos sistemas. Por tanto, la materia fresca de las hojas, tallo y raíz se pesaron por separado en una balanza, y por medio de la suma del peso de los órganos, se obtuvo la biomasa total fresca, a continuación, se puso en un recipiente por sistema y repetición, y se colocó en la estufa a una temperatura de 70°C por 48 horas (Soto, 2010). Por último, se pesó la materia seca de cada órgano.

Rendimiento biológico (RB): se realizó la sumatoria de los pesos secos de todos los órganos de la planta (raíz, tallo y hojas).

Rendimiento económico (RE): se determinó esta variable mediante la producción de materia seca del fruto agrícola por planta; es decir, las hojas.

Índice de cosecha (IC): se obtuvo en el momento de la cosecha a través de la ecuación.

$$\text{Índice de cosecha} = \frac{\text{Rendimiento económico}}{\text{Rendimiento biológico}} \quad (2)$$

Producción por planta (g): se registró el peso de las hojas en fresco de las plantas evaluadas al finalizar la producción.

Rendimiento agrícola (kg/ha): se calculó sumando el peso fresco total de las hojas de las plantas cosechadas por unidad de área al finalizar la producción y se llevó a kg/ha según la densidad de la población.

3.6. Tratamientos de datos

En la presente investigación se utilizó el Diseño experimental Completamente Aleatorizado (DCA) con tres repeticiones por variedad en los dos sistemas.

El modelo estadístico lineal utilizado se describe según la ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (3)$$

Dónde:

Y_{ij} = Respuesta de la i -ésima variable.

μ = Media general

τ_i = Efecto asociado al i -ésimo sustrato

ε_{ij} = Error experimental asociado a la i -ésima unidad experimental.

3.6.1. Análisis estadístico

Se utilizó el paquete estadístico Statgraphic Centurion XVI, con el que se realizó un análisis de varianza (ANOVA) bifactorial, para determinar las diferencias estadísticas entre los tratamientos, además, se efectuó la prueba de Rangos Múltiples de Tukey al 95 % de probabilidad para determinar cuál es el mejor tratamiento (Rubio, 2010).

3.6.2. Análisis económico

Se realizó en función del análisis de costos, en donde se incluyó todo lo referente a la inversión total realizada, también se analizaron los ingresos obtenidos por las ventas, costos de producción, gastos generales y depreciaciones. Esta situación implica tener en cuenta los costos fijos de mantenimiento y costos variables. Por tanto, Molina, Oña, Tipán y Topa (2018) señalan que, los costos fijos, son aquellos en los que incide la empresa y que, en el corto plazo, no dependen del volumen de producción (mantenimiento de infraestructura, solución nutritiva, semillas, entre otros). Mientras que, los costos variables, son los que inciden sobre la empresa y presentan dependencia significativa de los volúmenes de producción (fertilizantes, mano de obra, entre otros).

Además, se involucró criterios de rentabilidad para evaluar el valor del dinero en el tiempo, tales como: valor actual neto (VAN), relación tasa interna de retorno (TIR) y Beneficio/Costo (B/C). Los cuales enuncian el rendimiento económico de la inversión de una empresa, y sirven para decidir si se acepta o se rechaza la ejecución del proyecto (Briones, Quintana y Guanín, 2016). Por otro lado, para la actualización de flujos se ha

utilizado una tasa de descuento del 12% que es la medida de rentabilidad mínima para cubrir costos, recuperar la inversión y obtener beneficios del proyecto (Mete, 2014).

Valor Actual Neto (VAN): es el valor actual de los flujos de efectivo neto de un proyecto, entendiendo como flujo de efectivo neto la diferencia entre los ingresos y los egresos periódicos. Para la actualización de estos flujos se ha utilizado una tasa de descuento del 12% que es la medida de rentabilidad mínima para cubrir costos, recuperar la inversión y obtener utilidades del proyecto. La condición primordial del VAN es que debe ser igual o mayor que cero, lo cual significa que, dada una tasa de actualización, el valor de los beneficios supera, o es igual, al de los costos. En otros términos, este indicador representa la ganancia adicional actualizada que genera el proyecto, sobre la tasa de descuento (Mete, 2014).

Fórmula:

$$VAN = \sum B_t (1 + r)^{-t} - \sum C_t (1+r)^{-t} \quad (4)$$

Donde:

B_t = beneficios en cada fase del proyecto

C_t = costos en cada fase del proyecto

r = tasa de actualización

t = tiempo en años

$(1 + r)^{-t}$ = factor de actualización

Tasa interna de retorno (TIR): es la tasa de descuento que hace que el valor actualizado de ingresos sea igual al valor actualizado de costos. La TIR presenta la tasa de interés real máxima que podría cancelar un proyecto por los recursos monetarios utilizados, una vez recuperados los costos de inversión y operación. A través de este indicador, se aceptan los proyectos cuya TIR sea igual o mayor que la tasa de actualización elegida (Mete, 2014).

La fórmula es:

$$TIR = \sum B_t (1 + r)^{-t} - \sum C_t (1+r)^{-t} = 0 \quad (5)$$

Donde:

B_t = beneficios en cada periodo de proyecto; r = tasa de actualización

C_t = costos en cada periodo del proyecto; t = tiempo en años

$(1 + r)^{-t}$ = factor de actualización

Relación Beneficio/Costo (B/C): es el cociente de la división del valor actualizado de ingresos entre el valor actualizado de costos a una tasa de actualización prefijada. Esta relación presenta los beneficios netos alcanzados por unidad monetaria total invertida durante la vida útil del proyecto; si el valor es menor que uno, mostrará que los costos son mayores que los ingresos, por lo tanto, la diferencia $B/C - 1$, cuyo valor será negativo, señala las pérdidas por dólar invertido, en cambio, cuando es mayor que 1, la diferencia será positiva e indicará la utilidad. Por lo tanto, un proyecto es rentable si la relación B/C es mayor que uno (Cordero y Torres, 2011).

La fórmula es:

$$B/C = \sum B_t (1 + R)^{-t} / C_t (1+r)^{-t} \quad (6)$$

B_t = beneficios en cada fase de proyecto

C_t = costos en cada fase del proyecto

r = tasa de actualización

t = tiempo en años

$(1 + r)^{-t}$ = factor de actualización

3.7. Materiales y equipos

3.7.1. Materiales para la construcción de sistema hidropónico

Se empleó 6 tiras de madera de 6x4 cm por 3,38 m largo, 4 tiras de 6x4 cm por 2,25 m largo, 2 tiras de 6x4 cm por 1,70 m de largo, 25 tornillos de 10 cm de largo de 4 pulgadas por ¼ de diámetro, 1 flexómetro, 50 rodelas y 2 varillas de acero para construcción de 12 m de largo; de las que se empleó 60 pedazos (40 cm por 10 mm diámetro) para la construcción del sistema "A".

En cuanto a la tubería se colocó 22 tubos PVC de 90 mm (4") de diámetro por 3 m largo, 2 tubos PVC de 25,4 mm (1") de diámetro, 1 tubo PVC de 25,4 mm (1") de diámetro por 1,12 m largo, 2 tubos PVC de 50,8 mm (2") de diámetro por 3 m de largo, 1 tubo PVC de 25,4 mm (1") de diámetro por 1,8 m largo, 1 tubo PVC de 25,4 mm (1") de diámetro por 3,70 m largo, 2 reducidos de 101,6 mm a 50,8 mm (4" a 2"), 2 codos de 25,4 mm (1") de diámetro (90°), 2 codos de 25,4 mm (1") de diámetro (45°), 1 codo de 90 mm (3,5") de diámetro (90°), 2 reducidos de 25,4 mm a 19,05 mm (1" a ¾"), 1 te de 25,4 mm (1") de diámetro, 2 tapones de 25,4 mm (1") de diámetro (hembras), 21 tapones hembra de 90 mm (4") de diámetro, 20 tapones macho de 90 mm (4") de diámetro, 20 trozos de manguera negra de 45 cm por ¼ de

diámetro (alimentación), 5 m manguera de $\frac{3}{8}$ de diámetro (retorno), 2 niples de 1 pulgada, 2 siliconas de 250 mg, 20 conectores de bronce de $\frac{1}{4}$, además, se utilizó como reservorio de la solución nutritiva, 1 tanque plástico negro con capacidad de 600 L con una bomba de 4000 - 4200 L/h (75 L/minutos) y un timer. Finalmente, se ocupó 1 esponja de 4 cm por 3 cm alto y 280 vasos plásticos.

3.7.2. Materiales para la preparación del terreno

Se empleó una bomba de fumigar, azadón, rastrillo y un flexómetro.

3.7.3. Equipo de laboratorio

pH metro, conductímetro, termohigrómetro, balanza analítica, calibrador y una estufa.

3.7.4. Material biológico y solución nutritiva

Se utilizaron dos variedades de lechuga; Cherokee Rz (81 - 36) y Starfighter Rz (81 – 85), y se empleó Solución Nutritiva Concentrada “La Huerta Honfleur” proveniente de la ciudad de Quito.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura en el invernadero estuvo entre 23,7 – 28,9 °C, el pH de la solución 6 – 6,3 y conductividad eléctrica de 1488 a 1532 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (1,48 a 1,53 mS/cm). Mientras que, en el sistema convencional a campo la temperatura estuvo entre 24,2 – 31 °C.

4.1. Altura de la planta, número de hojas, área foliar y peso fresco en el momento del trasplante.

De acuerdo a la Tabla 3, la altura de la planta y número de hojas previo al trasplante, no presentaron diferencia estadística las variedades, a diferencia del área foliar y peso fresco, pero, la Var. Starfighter superó a la Cherokee. Según Al-Tawaha et al. (2018) este comportamiento se debe a la influencia del potencial genético de las variedades.

Tabla 3. Media de la altura de la planta, número de hojas, área foliar y peso de las plántulas de lechuga al momento del trasplante.

Factor	Altura de la planta (cm)	Número de hojas	Área foliar (cm^2)	Peso fresco (g)
V1 (Cherokee)	5,09 a	2,8 a	16,081 b	1,16 b
V2 (Starfighter)	5,19 a	3,2 a	20,672 a	1,84 a
<i>P-Value</i>	0,1869	0,1744	0,0000	0,0004

Comparación de medias en la misma columna con Tukey a $P \leq 0,05$. Letras distintas significa que existe diferencia estadística a un nivel de significancia del 5%.

4.2. Comportamiento de algunos indicadores de crecimiento y desarrollo del cultivo de la lechuga según el sistema de cultivo.

a. Altura de la planta y diámetro del tallo

Los resultados promedio de cada parámetro de crecimiento evaluado a los 14 días después del trasplante (ddt) en esta investigación, junto con sus respectivos niveles de significancia se encuentran representados en la Tabla 4, en la misma se observa que no existió interacción significativa en ninguna de las fechas. En el análisis de altura de la planta (Ap) los factores sistema de cultivo y variedad mostraron efectos significativos sobre esta variable, ya que las plantas del sistema NFT alcanzaron una altura de 16,1 cm y 5,9 cm del convencional, por

otro lado, la variedad Starfighter (V2) superó a la Cherokee (V1), obteniendo 12,5 cm y 9,4 cm respectivamente. Mientras que, el diámetro del tallo (Dt) no presentó diferencia significativa entre variedades, pues tuvieron una media de 2,9 mm, no obstante, sí presentó diferencia entre sistemas, obteniendo mayor resultado el NFT con 3,2 mm y 2,6 mm el convencional.

Tabla 4. Medias de las variables morfológicas de las variedades de lechuga en el sistema hidropónico NFT y convencional (C) a los 14, 21, 28, 35 y 42 días desde el trasplante.

Variables	Días desde trasplante	Factores				Interacción AB
		Sistema de Cultivo (A)		Variedad (B)		
		NFT	C	V1	V2	
Ap (cm)	14	16,1 a	5,9 b	9,4 b	12,5 a	0,0622
	21	22,1 a	8,9 b	13,5 b	17,5 a	0,0745
	28	30,2 a	13,3 b	19,6 b	23,9 a	0,1256
	35	39,6 a	14,6 b	24,7 b	29,6 a	0,0952
	42	39,6 a	23,0 b	29,0 b	33,6 a	0,2542
Dt (mm)	14	3,2 a	2,6 b	2,9 a	2,9 a	0,0764
	21	4,0 a	3,5 b	3,7 a	3,8 a	0,4052
	28	5,4 a	4,5 b	4,9 a	5,0 a	0,1801
	35	8,3 a	5,5 b	6,8 a	7,0 a	0,2065
	42	8,3 a	8,3 a	8,1 a	8,4 a	0,1859

Comparación de medias en la misma columna con Tukey a $P \leq 0,05$. Letras distintas en la misma columna significa que existe diferencia estadística a un nivel de significancia del 5%.

A los 21 y 28 ddt (Tabla 4) se observa que las variables morfológicas tuvieron el mismo comportamiento, es decir, el sistema NFT muestra los mejores valores para la altura de la planta y diámetro del tallo, respecto al otro sistema, así también, la V2 superó a la V1, aunque, en la última variable la diferencia es de 0,1 mm entre variedades, pero, sin diferencia estadística. A los 35 y 42 días después del trasplante, la altura de la planta también reportó diferencia estadística en los sistemas de cultivo, asimismo, la V2 obtuvo mayores valores numéricos en el sistema hidropónico. En cambio, la variable diámetro del tallo mostró diferencia significativa solo entre sistemas a los 35 ddt, ya que las plantas del sistema NFT presentaron 8,3 mm, y 5,5 mm a campo, pues, en la última toma de datos, los dos sistemas reportaron una media de 8,3 mm, lo cual indica que no existe diferencia, al igual que las variedades, aunque, la V2 superó a la V1 con 8,4 mm y 8,1 mm, respectivamente.

Por otro lado, en cuanto al comportamiento de las variedades en cada sistema de cultivo, la variable altura de la planta presenta en el sistema NFT mejores resultados, y la V2 también fue superior a la V1, según la Figura 13. Por tanto, la Starfighter a los 14 ddt, reportó 18,9 cm, y 13,2 cm la Cherokee, mientras que, en el convencional las medias fueron menores, aunque, la V2 (6,1 cm) fue mayor a la V1 (5,7 cm), sin diferenciarse estadísticamente. Resultados superiores reportó Jiménez (2017) en la Sierra ecuatoriana, pues obtuvo 14,5 cm.

Los resultados reportados por Manzano (2019) promediaron una altura de 15,8 cm a los 24 ddt. No obstante, el presente trabajo mostró resultados superiores a los 21 ddt, ya que la V2 promedió 25,4 cm y 18,8 cm la V1 en el sistema NFT, pero, las variedades del sistema convencional fueron menores a los 10,5 cm reportados por Paterlini, González, y Picone (2019), ya que la V2 presentó 9,5 cm y la V1 8,2 cm, cabe señalar que en este caso sí existió diferencia significativa entre las variedades. Además, se observa en la misma Figura 13, que a los 28 ddt, la V2 alcanzó 14,0 cm y 12,6 cm la V1, bajo el sistema convencional. En el mismo periodo Cajó (2016) obtuvo una altura de 6,8 cm. Al comparar estos resultados, a los alcanzados por las variedades en el sistema NFT se puede observar que estos últimos fueron superiores, ya que la Var. Starfighter reportó 33,8 cm y 26,7 cm la Cherokee. Sin embargo, en esta fecha se comenzó a observar una elongación desproporcionada del tallo (Figura 14), pudiéndose hipotetizar que esto se debió a las altas temperaturas y baja luminosidad existentes dentro de la casa de cultivo, con valores que estuvieron a lo largo del ciclo entre 23,7 y 28,9 °C, según Manzano (2019), durante la fase de crecimiento la lechuga requiere de temperaturas entre 14 – 18 °C durante el día.

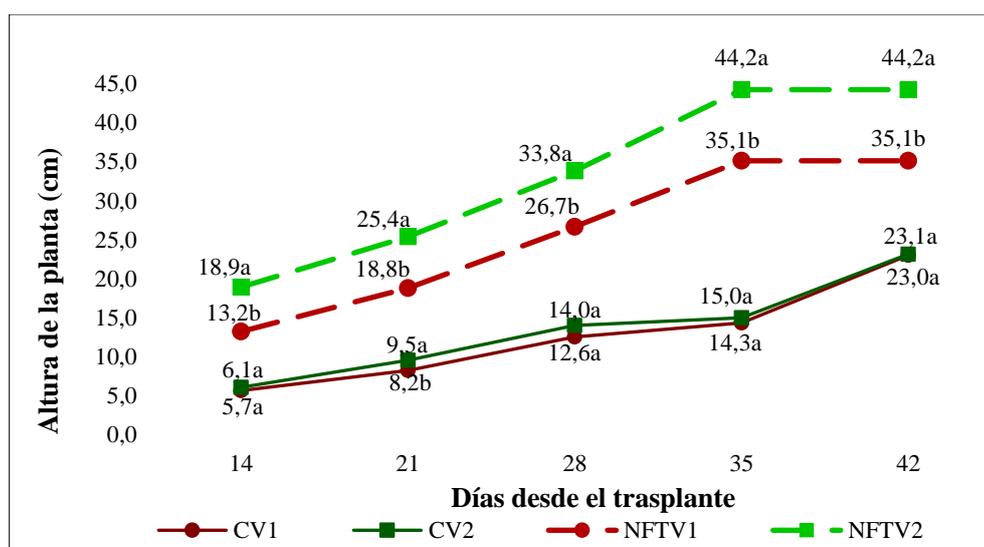


Figura 13. Dinámica de la altura de la planta en las variedades de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional.



Figura 14. Elongación del tallo en el sistema NFT a los 28 días.

A los 35 y 42 ddt, en el presente trabajo la altura de las plantas cultivadas en hidroponía presentó una media de 44,2 cm de la Var. Starfighter y 35,1 cm la Var. Cherokee, en cambio, las plantas del sistema convencional reportaron 23,1 cm y 23,0 cm en la Starfighter y Cherokee, respectivamente, en el momento de la cosecha (Figura 13). Similares resultados, reportó Ayala, Huanca y Fernández (2019) bajo el sistema NFT, ya que presentaron 20,1 cm de la Var. morada, pero la Var. verde reportó el mejor promedio 24,8 cm. Huanca (2017) también alcanzó una altura de 25,1 cm, y señaló que la evaluación de esta variable es muy importante para la comercialización, ya que a los 18 cm de altura es considerada como término medio para establecer el precio promedio de la lechuga en el mercado interno. Sin embargo, Afton (2018) presentó resultados inferiores, pues obtuvo 15,8 cm la Var. Cherokee. En cambio, Quispe (2015) obtuvo una altura de 22,4 cm.

En cambio, en la Figura 15 se aprecia que el comportamiento del diámetro del tallo en las variedades estudiadas en cada sistema de cultivo, las cuales son similares entre sí, por ello, no presentaron diferencia estadística, sin embargo, los valores numéricos del sistema NFT superan al convencional. Por tanto, a los 14 días después del trasplante, la Var. Cherokee obtuvo 2,7 mm y la Var. Starfighter 2,6 mm a campo, mientras que, bajo el sistema NFT, esta variedad superó a la Cherokee con 0,1 mm. A los 21 ddt, las variedades del sistema hidropónico tuvieron la misma media (4,0 mm), pero, en esta fecha la Starfighter fue mayor (3,6 mm) que la Cherokee (3,4 mm) en el sistema convencional.

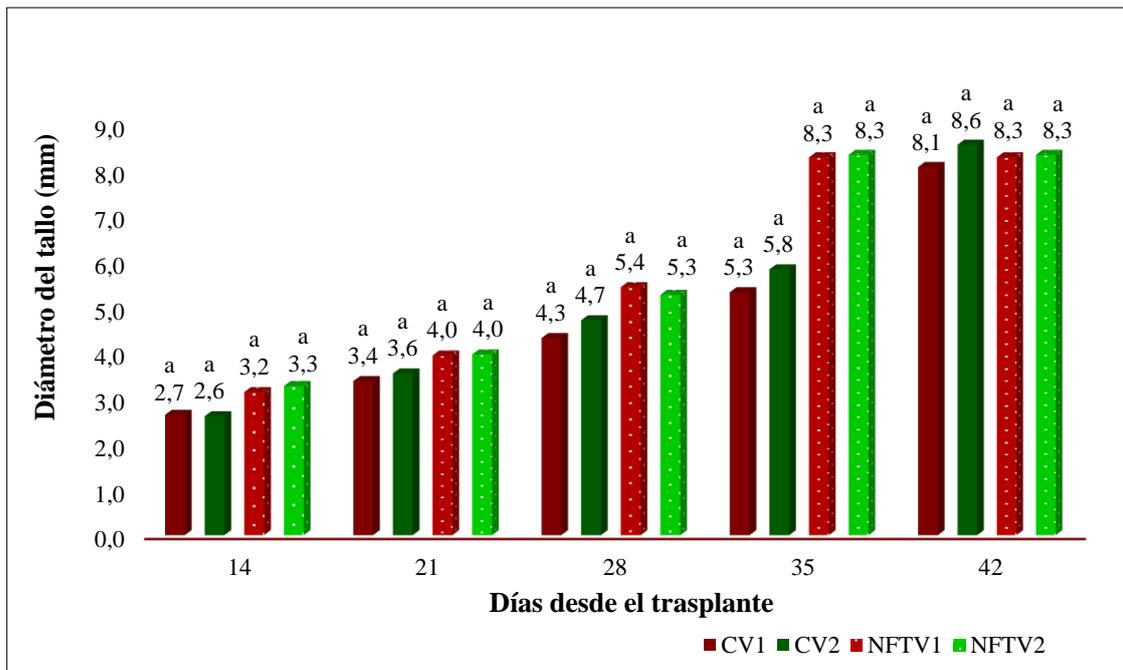


Figura 15. Dinámica del diámetro del tallo en las variedades de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional.

También, en el sistema a campo a los 28 ddt, la V2 superó en diámetro a la V1 con 0,4 mm, en cambio, bajo hidroponía la V2 fue menor que la V1 con 0,1 mm de diferencia. Por otro lado, a los 35 y 42 ddt, el diámetro del tallo de las variedades en el sistema NFT tiene el mismo comportamiento, es decir, 8,3 mm, pero, bajo el sistema convencional a campo, la Var. Starfighter presentó 5,8 mm y 5,3 mm la Var. Cherokee a los 35 ddt, y en el momento de la cosecha, el diámetro del tallo aumento en las variedades, y presentaron, 8,6 mm la Starfighter y 8,3 mm la Cherokee. Resultados superiores alcanzó Solano, Mendoza, Trejo, Cue y Escudero (2013) en su experimento, ya que obtuvo una media de 12,66 mm en el sistema NFT.

b. Número de hojas y área foliar

El número de hojas en las lechugas resulta muy importante, ya que constituye el fruto agrícola de la planta, así también, el área foliar como indicador fisiológico es de gran interés para conocer el desarrollo de la planta, pues, representa la superficie de hojas fotosintéticamente activa (Alemán et al., 2018). En el presente estudio estas variables reportaron diferencia estadística, desde el trasplante hasta la cosecha, entre sistemas de cultivo y variedades, pues, la Var. Starfighter presentó mejores resultados que la Cherokee, así como el sistema hidropónico NFT sobre el sistema a campo como se observa en la Tabla 5, además, también se observa que no existió interacción significativa en ninguna de

las fechas. A los 14 y 21 ddt, en el sistema NFT se obtuvo un promedio de 6,4 y 7,9 hojas por planta (Nh), respectivamente, mientras que, bajo el sistema convencional, las plantas promediaron 4,3 y 6,6 hojas. La V2 reportó 5,6 hojas y 5,0 la V1, así también, a los 21 ddt existió diferencia entre variedades. En cuanto al área foliar (Af), en la primera toma de datos bajo NFT fue de 316,7 cm² y a campo 62,6 cm², la V2 reportó 215,9 cm² y 163,4 cm² la V1.

Tabla 5. Medias de las variables morfofisiológicas de las variedades de lechuga en el sistema hidropónico NFT y convencional (C) a los 14, 21, 28, 35 y 42 días desde el trasplante.

Variables	Días desde trasplante	Factores				Interacción AB
		Sistema de Cultivo (A)		Variedad (B)		
		NFT	C	V1	V2	
Nh	14	6,4 a	4,3 b	5,0 b	5,6 a	0,0654
	21	7,9 a	6,6 b	6,8 b	7,8 a	0,0735
	28	10,2 a	8,6 b	8,9 b	9,9 a	0,4539
	35	17,5 a	12,1 b	14,3 a	15,3 a	0,7375
	42	17,5 a	16,5 b	16,6 b	17,4 a	0,8286
Áf (cm ²)	14	316,7 a	62,6 b	163,4 b	215,9 a	0,0656
	28	716,1 a	322,4 b	506,3 b	532,2 a	0,3029
	35	2 225,6 a	932,7 b	1 433,3b	1 725,0 a	0,0692
	42	2 225,6 a	1 903,9 b	2 025,3 b	2 104,2 a	0,1209

Comparación de medias en la misma columna con Tukey a $P \leq 0,05$. Letras distintas en la misma columna significa que existe diferencia estadística a un nivel de significancia del 5%.

A los 28 ddt, en la misma Tabla se aprecia que el sistema NFT reportó 10,2 hojas por planta, y a campo obtuvo un promedio de 8,6. Similares resultados presentaron las variedades, ya que la V2 alcanzó 9,9 y 8,9 la V1. De la misma manera, el área foliar aumento representativamente en cada sistema y variedad, superando las plantas del sistema hidropónico y la V2. A los 35 ddt las dos variables siguen teniendo el mismo comportamiento, ya que el número de hojas en la Var. Starfighter reportó un promedio de 15,3 de hojas y 14,3 la Var. Cherokee, el sistema hidropónico obtuvo 17,5 y 12,1 el sistema convencional, en cambio, a los 42 días, la Var. Starfighter presentó 17,4 y 16,6 la Var. Cherokee, y el sistema convencional alcanzó 16,5 hojas por planta. Mientras que, el área foliar a los 35 y 42 ddt, la Var. Starfighter (1 725,0 cm²) fue mayor que la Cherokee (1 433,3 cm²), en el segundo período, obtuvieron 2104,2 cm² y 2025,3 cm², respectivamente. En el momento de la cosecha, el sistema NFT obtuvo 2 225,6 cm² y el sistema convencional, reportó 1 903,9 cm².

En relación al comportamiento del número de hojas por variedad en cada sistema, en la Figura 16 se observa que, a los 14 ddt, existió diferencia estadística entre sistemas y entre las variedades del sistema NFT, por tanto, la variedad Starfighter mostró un mayor resultado asociado a una media de 7 hojas por planta, superior a las 5,8 hojas de la Cherokee. El mismo resultado reportó Manzano (2019) en su trabajo. Por otro lado, Cajo (2016) reportó un promedio de 5,4 hojas en lechugas crespas, pero Velasco, Ruíz y Ortuño (2016) obtuvo 7,5 hojas por planta. En cambio, se aprecia que en el campo no presentaron diferencia significativa, pues, la Var. Starfighter presentó una media de 4,3 hojas por planta, y la Cherokee 4,2 hojas por planta.

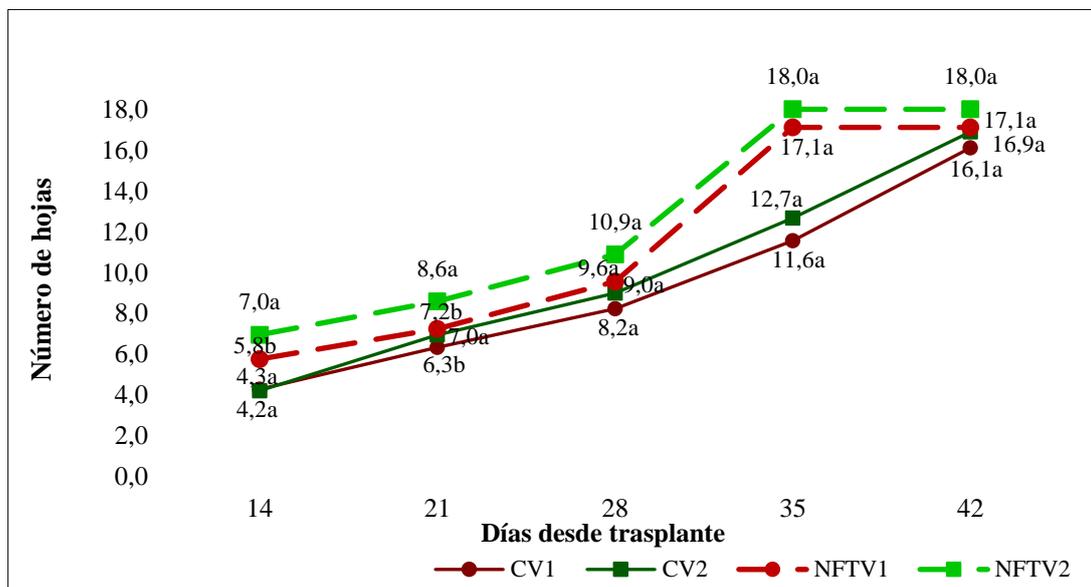


Figura 16. Dinámica del número de hojas en las variedades de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional.

A los 21 días después del trasplante, el número de hojas en la Var. Starfighter bajo el sistema hidropónico, reportó 8,6 y 7,2 hojas en la Var. Cherokee. Mientras que, las medias del sistema convencional son menores, ya que presentaron 7 y 6,3 hojas por planta, en la Var. Starfighter y Cherokee, respectivamente. Resultados superiores presentaron Alemán et al. (2018), ya que obtuvieron en promedio 11 hojas por planta, en cambio, Paterlini, González, y Picone (2019) obtuvieron en el campo un valor inferior de 8 de hojas por planta.

A los 28 ddt, las plantas Starfighter cultivadas en hidroponía, alcanzaron una media de 10,9 hojas y la Cherokee 9,6, tuvieron la misma dinámica las plantas del campo, las cuales obtuvieron 9,0 y 8,2 hojas por planta, en las variedades Starfighter y Cherokee, respectivamente. Por otro lado, en el momento de la cosecha, las plantas Starfighter cultivadas bajo el sistema NFT presentaron un valor de 18,0 y 17,1 hojas la Cherokee,

mientras que, las plantas del campo en ese periodo presentaron 12,7 de la V2 y 11,6 la V1. Quispe (2015) reportó una media de 17,5 hojas por planta. En cambio, el sistema convencional en el momento de la cosecha, la Starfighter presentó 16,8 y 16,1 número de hojas la Cherokee. Resultados superiores reportaron Villa et al. (2018) pues obtuvo 25 hojas por planta bajo el sistema NFT. Sosa, Ruíz, Padilla, Etchevers, Castellanos y Robles (2017) demostraron que la acumulación de biomasa y nutrientes sucedió 22 días previo a la cosecha. Kortei y Quansah (2016) señalaron que, la mayor producción de hojas se debe al aporte de nutrientes del abono orgánico, y el nitrógeno es considerado como mejor nutriente, puesto que mejora las actividades fisiológicas en las hortalizas. No obstante, Huanca (2017) obtuvo 11 hojas por planta.

Como se observa en la Figura 17, y ratificándose lo que sucedió con las demás variables, los valores de Área foliar fueron superiores en el NFT en todos los momentos de evaluación, la Var. Starfighter cultivada en el sistema NFT, a los 14 ddt presentó 370,9 cm², y 262,6 cm² la Cherokee, mientras que, el sistema convencional los valores fueron inferiores, aunque, la Var. Starfigter 64,2 cm² superó a la Var. Cherokee, la cual reportó 61,1 cm² (Figura 17).

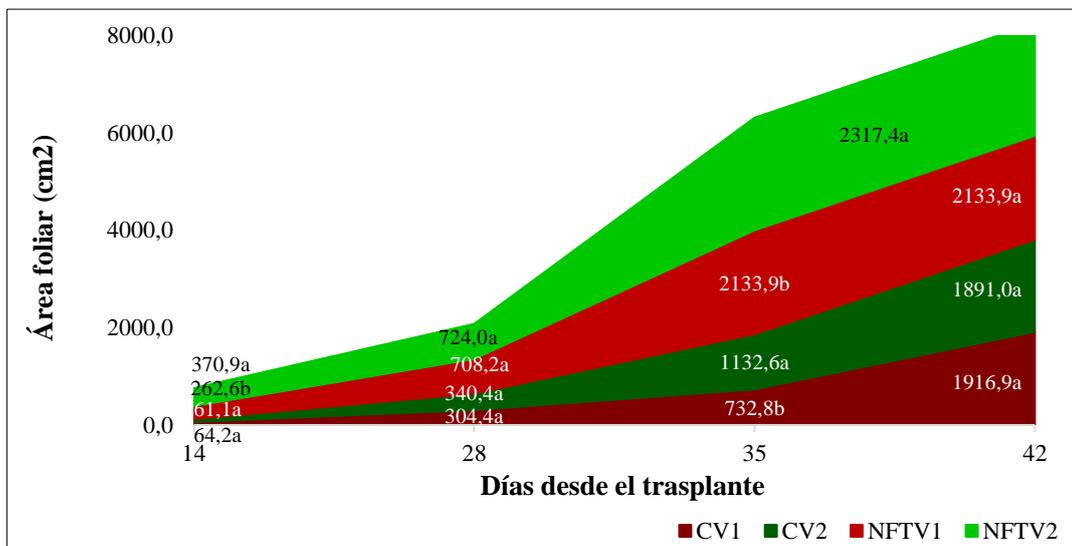


Figura 17. Dinámica del área foliar en las variedades de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional.

Estos valores son inferiores a los reportados por Alemán et al. (2018), quienes reportaron 800 cm² de la Var. Patagonia a los 14 días, y mencionaron que este comportamiento se debe al efecto de las condiciones óptimas de las plantas, puesto que empiezan a asimilar los nutrientes y su resultado se hace más notorio en las partes más tiernas del vegetal, es decir, en las hojas. A los 28 ddt, se observa en la misma Figura 17 que la variedad Starfighter

obtuvo 724,0 cm² y la Cherokee 708,2 cm², mientras que, a campo esta variedad tuvo una media de 304,4 cm² y la Var. Starfighter reportó 340,4 cm². Pero, estos resultados difieren de los obtenidos por Mampholo, Maboko, Soundy, y Sivakumar (2016), quienes reportaron 1538 cm² de Área foliar para lechuga roja en sistema hidropónico y 1933 cm² en la variedad verde a los 30 ddt.

En presente estudio al momento de la cosecha las plantas cultivadas en el sistema NFT, mostraron mayor área foliar que las cultivadas en el campo, siendo la diferencia estadísticamente significativa. La variedad Starfighter presentó 2 317,4 cm² y la Cherokee 2 133,9 cm² y en el sistema convencional esta última variedad tuvo una media de 732,8 cm² mientras que la Starfighter reportó 1 132,5 cm². Por último, en el momento de la cosecha del sistema convencional, las plantas de la Var. Cherokee obtuvieron 1 916,9 cm² superando a la Starfighter, que obtuvo 1 891,0 cm² (Figura 17). No obstante, los valores alcanzados por Afton (2018), superaron estos resultados, ya que en el campo a los 40 días después del trasplante, la variedad Cherokee obtuvo 2 189,7 cm² y la Starfighter 2 954,8 cm². El mismo autor indica que su experimento presentó las condiciones óptimas de temperatura, humedad y horas luz. Mientras que, Solano et al. (2013) reportó un promedio de 1 112,18 cm².

c. Largo de raíces

En la Tabla 6 se aprecia que el largo de raíces (Lr) presentó diferencia significativa en los sistemas de cultivo y variedad, pero no existió diferencia significativa en cuanto a la interacción entre los dos factores estudiados. Bajo el sistema NFT a los 28 ddt las plantas reportaron una longitud de 16,3 cm y 6,8 cm a campo, en esta variable sobresalió la Var. Cherokee, ya que presentó una media de 12,1 cm y la Starfighter obtuvo 11,1 cm. En cambio, a los 35 días después del trasplante, se observa en la misma Tabla que las variedades no obtuvieron diferencia significativa, a diferencia de los sistemas de producción, pues, las variedades cultivadas tuvieron un promedio similar, aunque numéricamente continuó siendo mayor la V1, ya que presentó 12,4 cm y 12,1 cm la V2, sin embargo, el sistema hidropónico superó al convencional, los cuales reportaron 17,1 cm y 7,5 cm, respectivamente. Similares resultados obtuvieron a los 42 ddt, debido a que fue mínima la longitud de las plantas cultivadas a campo, alcanzando una media de 7,8 cm. Así también, las variedades tuvieron diferencia estadística, donde la V1 presentó 12,7 cm y 12,2 cm la V2.

Tabla 6. Medias de la variable largo de la raíz (Lr) de las variedades de lechuga en el sistema hidropónico NFT y convencional (C) a los 28, 35 y 42 días desde el trasplante.

Variables	Días desde trasplante	Factores				Interacción AB
		Sistema de Cultivo (A)		Variedad (B)		
		NFT	C	V1	V2	
Lr	28	16,3 a	6,8 b	12,1 a	11,1 b	0,0734
	35	17,1 a	7,5 b	12,4 a	12,1 a	0,0840
	42	17,1 a	7,8 b	12,7 a	12,2 b	0,1520

Comparación de medias en la misma columna con Tukey a $P \leq 0,05$. Letras distintas en la misma columna significa que existe diferencia estadística a un nivel de significancia del 5%.

En cuanto al comportamiento de las variedades en cada sistema de cultivo, esta variable reportó diferencia estadística entre sistemas en todo el período evaluado, como se observa en la Figura 18, donde los mejores resultados se han obtenido en el sistema hidropónico NFT, y la Var. Cherokee superó a la Var. Starfighter. Por tanto, a los 28 y 35 ddt, las plantas cultivadas bajo hidroponía, obtuvieron 17,7 cm y 14,9 cm, respectivamente, mientras que, el sistema convencional, presentó 7,3 cm la Starfighter y la Cherokee 6,4 cm, mientras que, en el segundo período, bajo el sistema NFT la V1 presentó 17,8 cm y 16,6 cm la V1, en cambio, a campo la V1 fue 7,8 cm y 7,2 cm la V2. Resultados similares señaló Velasco, Aguirre y Ortuño (2016) bajo hidroponía, ya que reportaron un promedio de 17,3 a 22,4 cm.

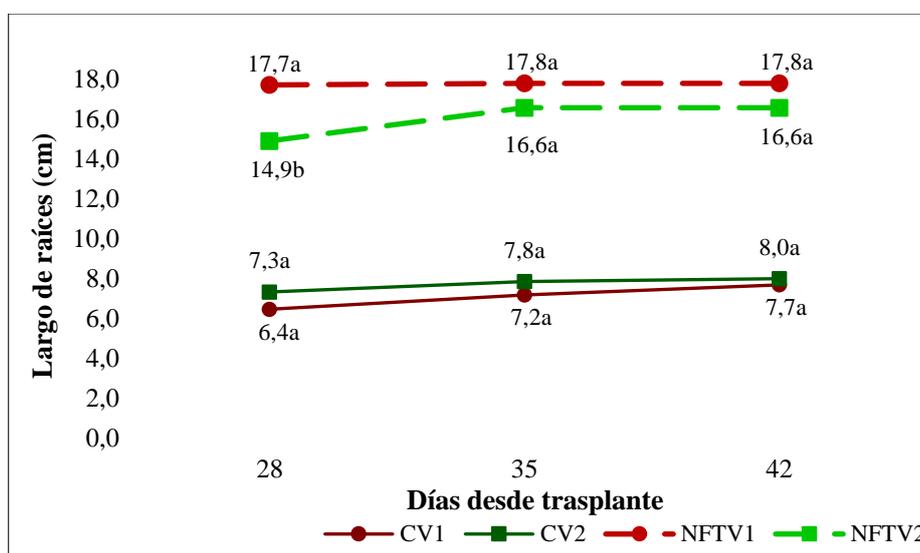


Figura 18. Dinámica del largo de las raíces en las variedades de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional.

En la misma Figura se aprecia que a los 42 ddt las variedades cultivadas en el campo, alcanzaron 8,0 cm la Var. Cherokee y 7,7 cm la Var. Starfighter. Por otro lado, Lema (2017)

señala que la longitud de las raíces difieren porque están involucradas en la absorción de agua y minerales, y si los valores del pH y CE no son óptimos, afecta el sistema radicular o genera toxicidad en la planta debido a una asimilación excesiva de elementos químicos dañinos, esto comprobó el autor al evaluar diferentes dosis de soluciones nutritivas en hidroponía, por lo tanto, presentó una longitud de raíz media de 19,23 cm y 6,6 de pH y CE de 1,5 dS/m alcanzando una mejor relación de iones minerales, con la mejor dosis de solución nutritiva.

d. Peso fresco

Los factores sistema de cultivo y variedad mostraron efecto significativo sobre la variable Peso fresco a los 28 y 35 ddt, las plantas en el sistema NFT tuvieron mayor Peso fresco que el convencional, asimismo, y la V2 fue más pesada que la V1. En el primer momento el sistema hidropónico reportó 35,0 g y 11,5 g a campo, la V2 alcanzó 25,9 g y 20,7 g la V1. A los 35 días aumento significativamente el peso fresco en NFT, pues presentó una media de 89,8 g y 31,6 g en el sistema convencional, de la misma manera, la V2 reportó 67,1 g y 54,3 g la V1. En esta variable la interacción de los factores tampoco mostró diferencia significativa como se observa en la Tabla 7.

Tabla 7. Medias de la variable peso fresco (Pf) de las variedades de lechuga en el sistema hidropónico NFT y convencional (C) a los 28, 35 y 42 días desde el trasplante.

Variables	Días desde trasplante	Factores				Interacción AB
		Sistema de Cultivo (A)		Variedad (B)		
		NFT	C	V1	V2	
Pf	28	35,0 a	11,5 b	20,7 b	25,9 a	0,9772
	35	89,8 a	31,6 b	54,3 b	67,1 a	0,0592
	42	3,5 a	2,3 b	2,7 b	3,1 a	0,8595

Comparación de medias en la misma columna con Tukey a $P \leq 0,05$. Letras distintas en la misma columna significa que existe diferencia estadística a un nivel de significancia del 5%.

En la Figura 19 se observa el comportamiento del peso fresco de las variedades en los sistemas de cultivo, en el primero momento no existió diferencia estadística entre las variedades en ninguno de los sistemas, siendo la V2 y el sistema NFT los de mayores valores de peso fresco en ambos momentos. A los 28 ddt, la variedad V2 obtuvo 37,6 g y 32,4 g la V1, mientras que, a campo fue el mismo comportamiento, 14,2 g para V2 y 8,9 g para V1. Resultados superiores reportó Velasco, Aguirre y Ortuño (2016), con un peso de 128,3 g.

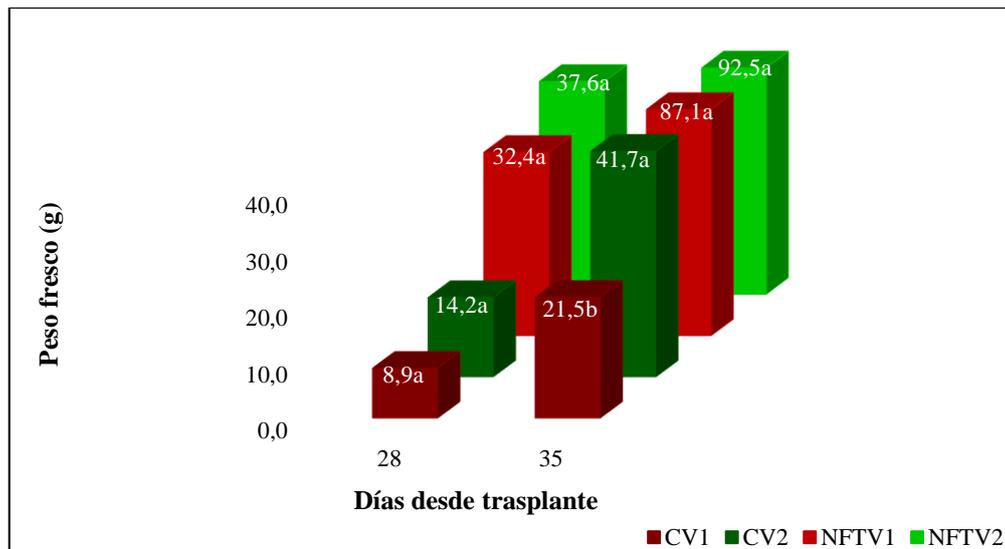


Figura 19. Dinámica del peso fresco en las variedades de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional.

En la misma Figura se observa que, a los 35 ddt las plantas de ambas variedades en el sistema hidropónico también fueron de más peso que las del sistema convencional. La Var. Starfighter obtuvo 92,5 g y 87,1 la Var. Cherokee, mientras que, a campo la Var. Starfighter obtuvo 41,7 g y 21,5 g la Cherokee, existiendo diferencia estadística entre estas dos últimas cultivadas en el campo. En otras investigaciones, reportaron un peso mayor de 480 g de la lechuga crespa (Villa et al., 2018). En Colombia, Velásquez et al. (2014) evaluaron el comportamiento de la Var. Batavia y obtuvieron un peso de 590 g a los 57 días. En cambio, Guerrero, Revelo, Benavides, Chaves y Moncayo (2014) reportaron un peso fresco promedio de 435,13 g bajo hidroponía escalonada a los 50 días después del trasplante, todos en climas fríos. Además, Quispe (2015) reportó un peso fresco de 186,5 g, y concluyó que las plantas difieren en peso básicamente a sus rasgos genotípicos, aprovechamiento de nutrientes, y efecto de las condiciones ambientales.

4.3. Acumulación de materia seca por órganos vegetativos del cultivo de lechuga según la variedad en el sistema de cultivo.

De acuerdo al presente estudio en la Tabla 8 se detalla las medias de la materia seca de cada órgano vegetativo, y se observa que presentaron diferencia significativa entre sistemas de cultivo y entre variedad, no existiendo diferencia significativa en la interacción de los factores, reportándose mejores resultados en el sistema hidropónico NFT, así como la Var. Starfighter. A los 28 ddt, este sistema presentó 1,3 g de materia seca de hojas (MSH), en cambio, el sistema convencional alcanzó 0,4 g, y la Var. Starfighter (V2) obtuvo 0,9 g, pero

la Cherokee (V1) presentó 0,7 g, también se observa que la materia seca del tallo (MST) y materia seca de la raíz (MSR) tuvieron similares resultados en los sistemas de cultivo y variedades.

Tabla 8. Medias de las variables fisiológicas de las variedades de lechuga en el sistema hidropónico NFT y convencional (C) a los 28, 35 y 42 días desde el trasplante.

Variables	Días desde trasplante	Factores				Interacción AB
		Sistema de Cultivo (A)		Variedad (B)		
		NFT	C	V1	V2	
MSH (g)	28	1,3 a	0,4 b	0,7 b	0,9 a	0,0891
	35	3,5 a	1,3 b	2,1 b	2,8 a	0,0636
	42	3,5 a	2,3 b	2,7 b	3,1 a	0,8595
MST (g)	28	0,3 a	0,05 b	0,1 b	0,2 a	0,0817
	35	0,7 a	0,1 b	0,3 b	0,5 a	0,0611
	42	0,7 a	0,5 b	0,5 b	0,7 a	0,0735
MST (g)	28	0,2 a	0,05 b	0,1 b	0,2 a	0,9205
	35	0,5 a	0,1 b	0,2 b	0,4 a	0,0650
	42	0,5 a	0,3 b	0,3 b	0,5 a	0,1097

Comparación de medias en la misma columna con Tukey a $P \leq 0,05$. Letras distintas en la misma columna significa que existe diferencia estadística a un nivel de significancia del 5%.

A los 35 ddt (Tabla 8), la materia seca de las hojas alcanzó 3,5 g y 1,3 g, la del tallo 0,7 g y 0,1 g, y de la raíz 0,5 g y 0,1 g, bajo los sistemas hidropónico y convencional, respectivamente. Mientras que, la Var. Starfighter y Cherokee reportaron en el caso de MSH 2,8 g y 2,1 g respectivamente, en MST 0,5g y 0,3 g, para la MSR los valores fueron 0,4 g y 0,2 g respectivamente, también tuvieron diferencia estadística entre sistemas de cultivo y variedad, las tres variables de MS a los 42 ddt tuvieron el mismo comportamiento que en las fechas anteriores siendo el sistema NFT y la Var. Starfighter los de mayores resultados, como se observa en la Tabla 8. Según Alemán et al. (2018) la importancia de evaluar la materia seca se debe a que el 5% de la lechuga constituye nutrientes y otros elementos, pues, el 95% está compuesto por agua. Por tanto, el número de hojas activas y el área foliar que se hayan alcanzado durante el desarrollo, son esenciales porque conformarán el aparato foliar de las plantas de lechuga y serán las responsables de la producción de biomasa y materia seca en el vegetal y por ende en el fruto agrícola.

A continuación, se observa en la Figura 20 la acumulación de materia seca en las hojas de las variedades en los sistemas de producción, desde los 28 ddt hasta la cosecha. Estos períodos presentan diferencia significativa entre sistemas, superando el sistema hidropónico NFT al convencional, a los 28 ddt en el sistema a campo no existió diferencia estadística entre las variedades pero la V1 tuvo más MSH con 0,5 g y la V2 0,4g, en el sistema NFT si existió diferencia entre las variedades siendo superior en MSH la V2 con 1,6 g y la V1 con 1 g, a los 35 ddt, la V2 alcanzó 3,7 g y la V1 presentó 3,3 g sin diferencias estadísticas en el sistema NFT, existiendo diferencia estadística entre variedades en el sistema a campo, donde la V2 con 1,8 g fue superior al 0,8 g de la V1, lo mismo ocurrió con las variedades cultivadas en el campo a los 42 ddt, pues, obtuvieron 2,5 g la Starfighter y 2,2 g la Cherokee sin diferencias estadísticas.

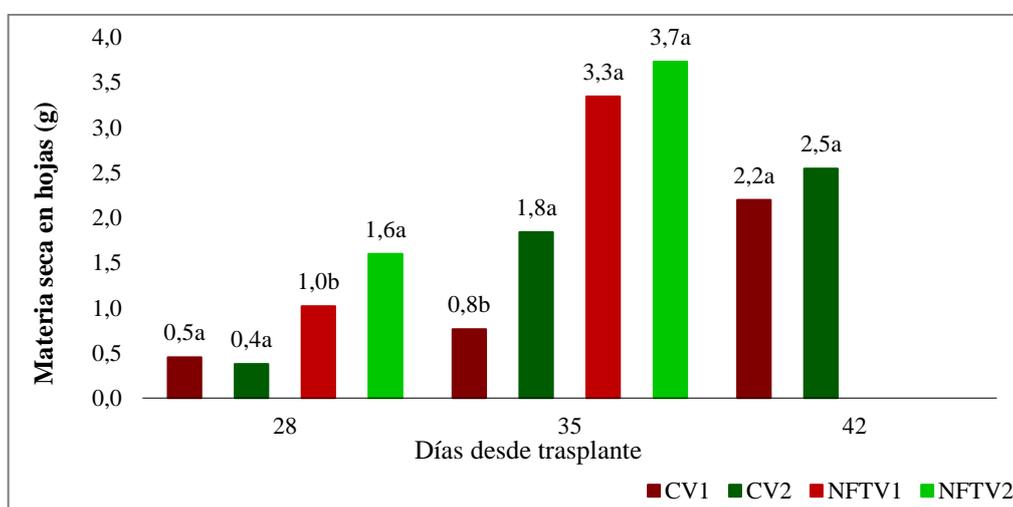


Figura 20. Acumulación de materia seca de las hojas en las variedades de lechuga bajo el sistema convencional y sistema hidropónico NFT.

En la Figura 21 se detalla el comportamiento de las variedades con la acumulación de materia seca del tallo, donde la V2 reportó 0,84 g superior a los 0,54 g de la V1, existiendo diferencia significativa entre ambas, bajo el sistema NFT a los 28 ddt la V2 con 0,32 g fue superior a la V1 que presento valores de 0,18 g existiendo diferencias entre ellas, no siendo así en el sistema a campo donde la V2 con 0,07 g y la V1 con 0,04 g no se diferenciaron estadísticamente, a los 35 ddt, en el sistema a campo el factor variedad no tuvo efecto estadísticamente significativo sobre MST siendo la V2 la de mayores resultados con 0,19 g y la V1 0,08 g, a los 42 ddt las plantas cultivadas en el campo, Var. Starfighter presentaron 0,60 g y la Cherokee 0,47 g, existiendo diferencia estadística entre ambas.

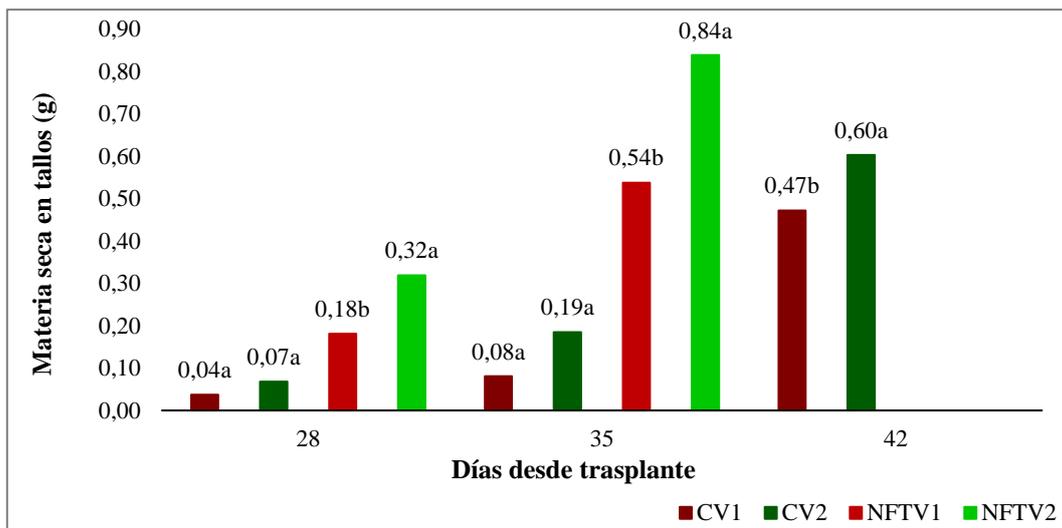


Figura 21. Acumulación de materia seca del tallo en las variedades de lechuga bajo el sistema convencional y sistema hidropónico NFT.

En cuanto a materia seca de la raíz, a los 28 ddt, como se observa en la Figura 22, no existió diferencia estadística entre variedades ni en el sistema a campo ni en NFT, ocurriendo todo lo contrario en los días 35 y 42 ddt, donde el sistema NFT presentó los mayores resultados, la V2 en el NFT a los 35 ddt mostró 0,64 g y la V1 0,42 g existiendo diferencia estadística entre las dos, en el sistema a campo igual comportamiento la V2 con 0,18 g se diferenció estadísticamente y fue superior a la V1 con 0,08 g. El mismo comportamiento presentaron las variedades cultivadas bajo el sistema convencional a los 42 ddt, ya que también fue mayor la V2 obteniendo 0,37 g y la V1 alcanzó 0,24 g (Figura 22).

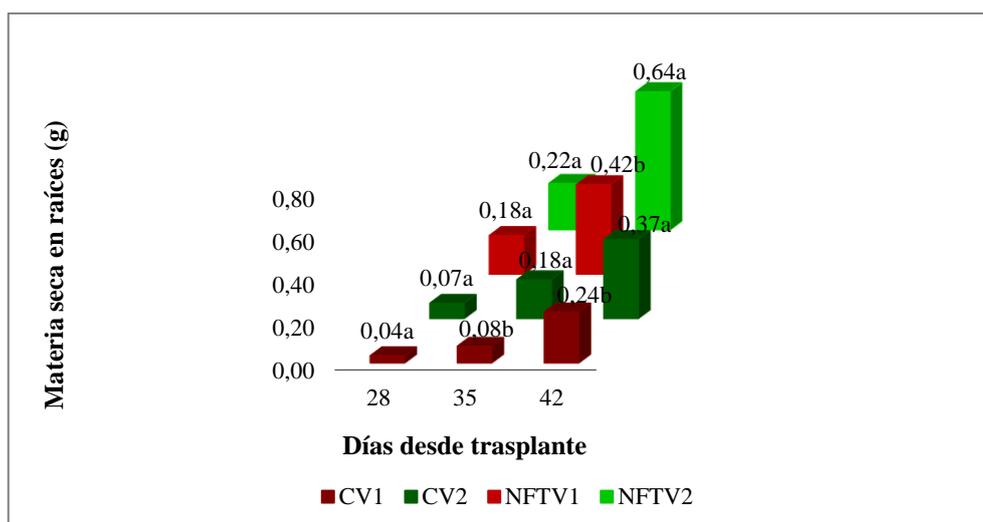


Figura 22. Acumulación de materia seca de la raíz en las variedades de lechuga bajo el sistema convencional y sistema hidropónico NFT.

En su trabajo Alemán et al. (2018), obtuvieron 3,5 g de materia seca de hojas y 0,5 g de materia seca del tallo y raíz. Mientras que, Solano et al. (2013) reportaron una biomasa seca de hojas de 3 g, 0,7 g de materia seca del tallo y 3,5 g de la raíz, su crecimiento se debe a que fueron nutridas con vermicompost bajo hidroponía.

4.4. Comportamiento de los rendimientos biológico y económico del cultivo de lechuga según el sistema de cultivo utilizado.

Los rendimientos biológicos (RB) y económicos (RE) se determinaron a los 42 ddt tanto el factor sistema de cultivo como variedad tuvieron efectos significativos sobre los RB y RE, el sistema hidropónico NFT fue superior en ambos casos al sistema a campo, pero no existió diferencia significativa en cuanto a interacción como se observa en la Tabla 9. El sistema NFT reportó 4,76 g y el convencional obtuvo 3,11 g de RB. En esta misma variable la variedad Starfighter (V2) obtuvo 4,19 g y la Cherokee (V1) 3,68 g. En cuanto al RE, el sistema NFT continuó siendo el de mayor resultado, con media de 3,54 g y 2,37 g en el campo, de la misma manera, la variedad Starfighter presentó mejor resultado, alcanzando 3,14 g y 2,77 g la Cherokee.

Tabla 9. Medias de las variables fisiológicas de las variedades de lechuga en el sistema hidropónico NFT y convencional (C) en el momento de la cosecha.

Variables	Factores				Interacción AB
	Sistema de Cultivo (A)		Variedad (B)		
	NFT	C	V1	V2	
RB (g)	4,76 a	3,11 b	3,68 b	4,19 a	0,2601
RE (g)	3,54 a	2,37 b	2,77 b	3,14 a	0,8595
IC	0,74	0,76	0,75	0,75	-

Comparación de medias en la misma columna con Tukey a $P \leq 0,05$. Letras distintas en la misma columna significa que existe diferencia estadística a un nivel de significancia del 5%.

Por otro lado, en lo que respecta a los valores numéricos de rendimiento biológico de las variedades en cada sistema de cultivo, se puede observar en la Figura 23 que las variedades en el sistema convencional no presentaron diferencia significativa, en cambio, las variedades en el sistema NFT si presentaron diferencia, las plantas en el sistema NFT obtuvieron un mayor rendimiento biológico, la Var. Starfighter presentó 5,21 g y 4,30 g la Var. Cherokee, en el sistema convencional, no existió diferencia significativa entre las variedades, aunque la variedad Starfighter fue mayor que la Cherokee, con 3,17 g y 3,06 g, respectivamente.

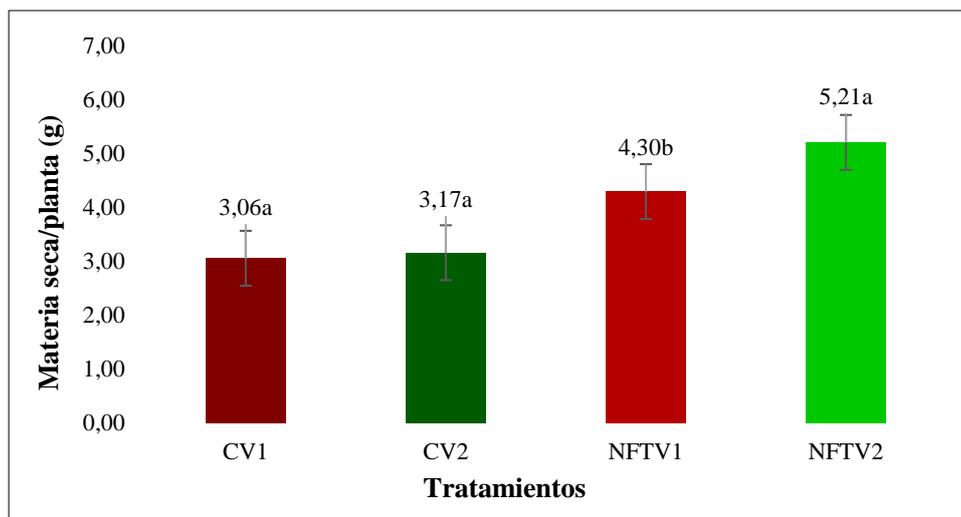


Figura 23. Rendimiento biológico del cultivo de las variedades de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y el sistema convencional a campo.

En cuanto al RE, la Figura 24 muestra que los valores de materia seca producida por las hojas entre variedades en cada sistema de cultivo, no presentaron diferencia estadística. Por ello, se puede observar que la Var. Starfighter obtuvo 3,7 g superando a la Var. Cherokee, que presentó 3,3 g bajo el sistema hidropónico, mientras que, en el campo la V2 alcanzó 2,5 g y 2,2 g la V1. Siendo estos valores superiores a los reportados por Alemán et al. (2018) de 4,7 g de materia seca por planta, mientras que, obtuvo un peso similar de materia seca en las hojas, pues alcanzó 2,5 g. En cambio, Solano et al. (2013) reportó 7,2 g de biomasa total y una producción de 3 g de materia seca del fruto agrícola.

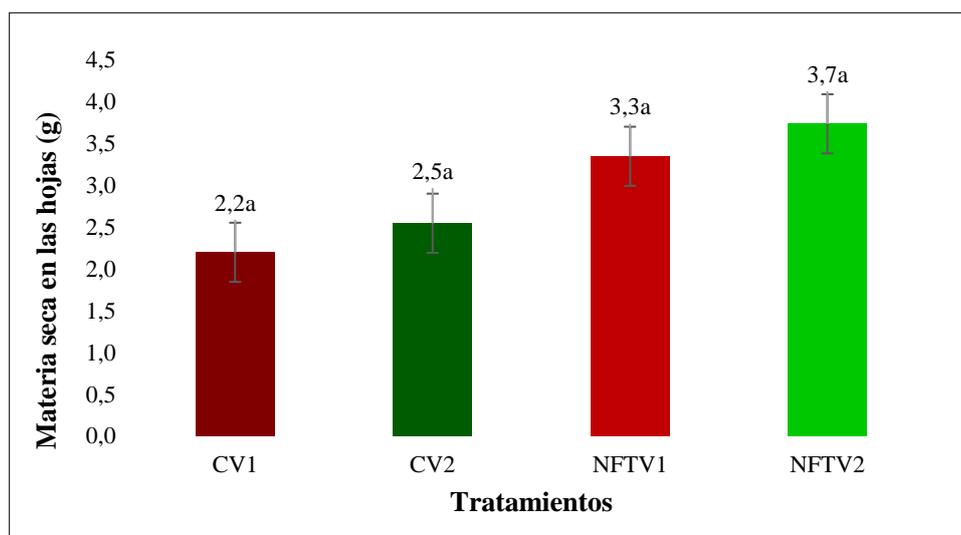


Figura 24. Rendimiento económico del cultivo de las variedades de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y el sistema convencional a campo.

Finalmente, de acuerdo a los indicadores evaluados, el sistema de cultivo NFT presentó un índice de cosecha (IC) de 0,74 y el sistema convencional obtuvo 0,76. En cambio, la variedad Starfighter y Cherokee reportaron el mismo valor, es decir, 0,75 (Tabla 9). Así también, de acuerdo a los valores obtenidos en la Figura 23 y 24 se obtuvo el índice de cosecha de las variedades en cada sistema de cultivo, de tal manera que, la V2 y V1 bajo el sistema hidropónico fue de 0,72 y 0,78, respectivamente, mientras que, en el campo la V2 tuvo mejor resultado, ya que reportó 0,80 y 0,72 la V1.

Por lo tanto, se observa que el porcentaje de hojas de lechuga es mayor en el campo, ya que obtuvo 76%, en cambio, bajo hidroponía presentó 74%. Este resultado se debe a que el sistema NFT alcanzó mayor peso en el tallo y en la raíz por el proceso de elongación, lo cual disminuyó el peso de las hojas (órgano comestible). Albert, Nazaire y Hartmut (2012) afirman lo señalado, ya que, cuanto mayor es el índice de cosecha, mayor será el número de hojas, favoreciendo la producción del fruto agrícola, y mostrando, además, el momento exacto de cosecha. Manzano (2019), presentó un IC de 0,86. En cambio, Alemán et al. (2018) reportaron 0,53, y Solano et al. (2013), obtuvo 0,41.

4.5. Comportamiento del rendimiento agrícola del cultivo de lechuga según el sistema de cultivo utilizado.

En la Tabla 10 se observa que el rendimiento agrícola de la lechuga presentó diferencia estadística entre variedades, la (V1) presentó mayores promedios de rendimiento con 20 468,1 kg/ha y la (V2) 19 550,0 kg/ha, en cuanto al factor sistema de cultivo el rendimiento agrícola de las plantas en el sistema NFT se diferenció estadísticamente del de las plantas cultivadas en campo, 21 720,0 kg/ha, y 18 298,1 kg/ha respectivamente (Figura 25).

Tabla 10. Medias del rendimiento agrícola de las variedades de lechuga en el sistema hidropónico NFT y convencional (C) en el momento de la cosecha.

<i>Factores</i>	Rendimiento agrícola (kg/ha)
<i>Variedad</i>	
V1	19 550,0 b
V2	20 468,1 a

Comparación de medias en la misma columna con Tukey a $P \leq 0,05$. Letras distintas en la misma columna significa que existe diferencia estadística a un nivel de significancia del 5%.

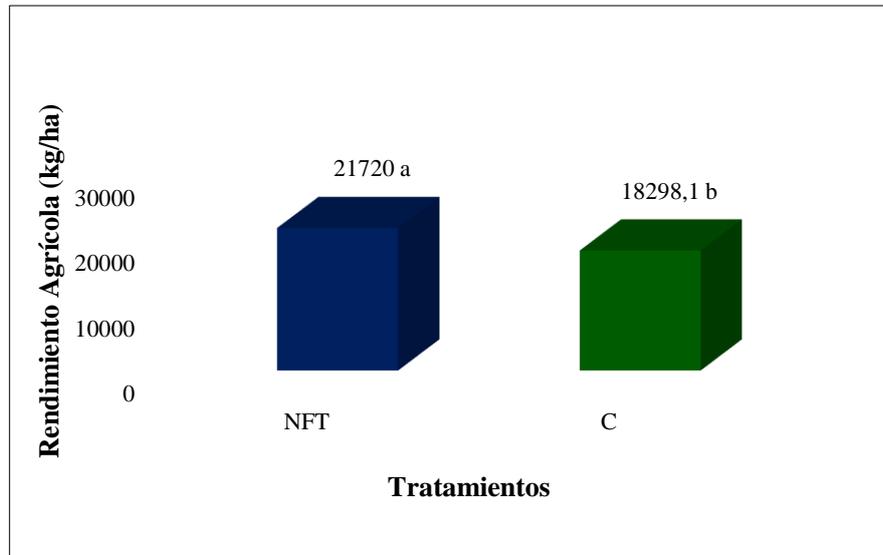


Figura 25. Rendimiento agrícola del cultivo de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional.

Al analizar las variedades Starfighter (V2) y Cherokee (V1) en cada uno de los sistemas de cultivo, se puede observar en la Figura 26 que no manifestaron diferencias significativas, pero, las variedades cultivadas en el sistema NFT tuvieron mayor rendimiento agrícola que las cultivadas a campo, siendo la Var. Starfighter la de mejores resultados con 22 210,7 kg/ha y la Cherokee 21 229,3 kg/ha. Las plantas cultivadas en el campo presentaron 18 725,6 kg/ha en la Starfighter y la Cherokee 17 870,7 kg/ha.

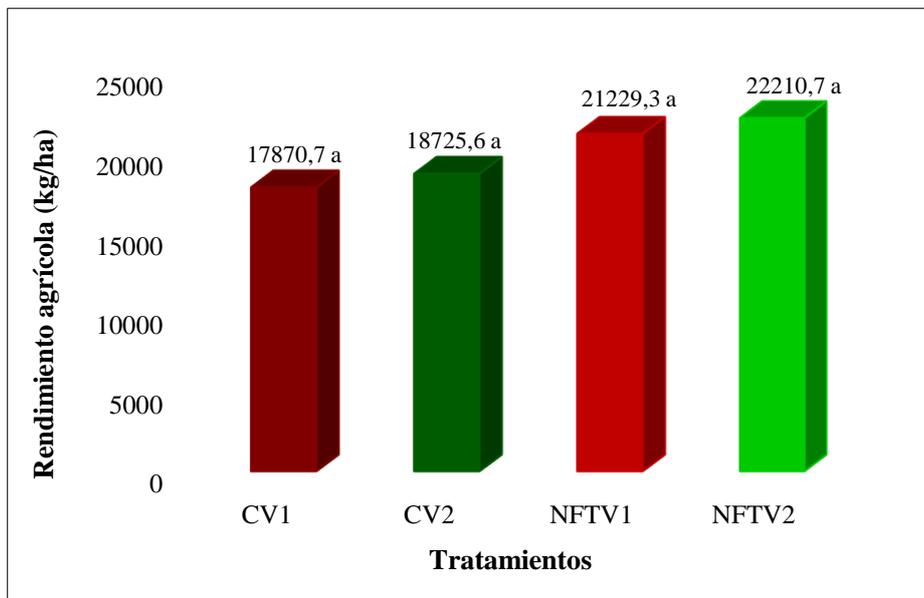


Figura 26. Rendimiento agrícola de las variedades de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT y sistema convencional.

Todo indica que las variedades cultivadas en este experimento se adaptan bien a estas condiciones ambientales y por ello se obtiene un buen rendimiento, incluso, mayor a lo alcanzado por Alemán et al. (2018), quienes reportaron 9 000 kg/ha en suelos amazónicos. Resultados similares reportó Manzano (2019), quien obtuvo 15 338,75 kg/ha. Cajo (2016) reportó 19 213,3 kg/ha. Resultados inferiores obtuvieron Villa et al. (2018), ya que en campo alcanzaron 6 900 kg/ha. Así también, Paterlini, González, y Picone (2019), señalaron un rendimiento de 10 900 kg/ha. Por otro lado, Leyva-Ovalle (2016) obtuvo un mayor resultado tanto en el sistema NFT 59 000 kg/ha, como en el campo 46 000 kg/ha. Así también, Guerrero et al. (2014) obtuvieron 87 030 kg/ha, y consideraron que este resultado se debe a que el sustrato empleado brindó el ambiente perfecto para la absorción y circulación de agua y nutrientes necesarios para el desarrollo fisiológico de las plantas.

4.8. Análisis de rentabilidad del cultivo de lechuga.

4.8.1. Sistema de producción hidropónico NFT

La evaluación económica del proyecto se ha basado en la proyección de la construcción de un sistema NFT con un área de cultivo de 162 m², debido a que, la producción del cultivo de lechuga bajo este sistema en el ensayo no mostró rentabilidad por sus dimensiones y costos de materiales. Por tanto, a continuación, en la Tabla 11 se detallan los costos de inversión para el funcionamiento del sistema, costos de equipos como: balanza digital, medidor de pH, CE y T, así también, costos de asistencia técnica, capital de trabajo, entre otros. De esta manera, se determinó que se requiere una inversión inicial total de \$ 9 257,11.

Tabla 11. Costos de inversión para un sistema de cultivo NFT.

CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
ACTIVO FIJO				
Infraestructura				
Sistema NFT 162 m ²	Nave	1	\$ 7 992,40	\$ 7 992,40
Herramientas				
Timer	Pieza	1	\$ 19,64	\$ 19,64
Electroválvula	Pares	2	\$ 32,00	\$ 64,00
Mochila manual (5 L)	Pieza	1	\$ 9,00	\$ 9,00
Balanza digital (500 g)	Pieza	1	\$ 20,00	\$ 20,00
Medidor de pH, CE, T	Pieza	1	\$ 70,00	\$ 70,00

Electrobomba	Pieza	1	\$ 150,00	\$ 150,00
Subtotal				\$ 8 325,04
ACTIVO DIFERIDO				
Asistencia técnica	Presupuesto	1	\$ 120,00	\$ 120,00
Permisos y licencias	Presupuesto	1	\$ 150,00	\$ 150,00
Subtotal				270,00
CAPITAL DE TRABAJO				
Capital de trabajo	Presupuesto	1	\$ 662,07	\$ 662,07
Subtotal				\$ 662,07
TOTAL				\$ 9 257,11

Posteriormente, se determinaron los costos fijos y costos variables para que el sistema funcione durante los cinco años, y son estimativos ante los posibles eventos establecidos, que se definen para el proceso productivo (Tabla 12).

Tabla 12. Costos de producción para cinco años de uso del sistema NFT.

COSTOS DE PRODUCCIÓN						
FIJOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	
Administración y ventas	\$ 207,00	\$ 208,04	\$ 209,08	\$ 210,12	\$ 211,17	
Mant. Construcciones	\$ 126,00	\$ 126,63	\$ 127,26	\$ 127,90	\$ 128,54	
Mant. Equipo	\$ 126,00	\$ 126,63	\$ 127,26	\$ 127,90	\$ 128,54	
Pago de luz	\$ 114,93	\$ 115,50	\$ 116,08	\$ 116,66	\$ 117,25	
Subtotal	\$ 573,93	\$ 576,80	\$ 579,68	\$ 582,58	\$ 585,49	
VARIABLES						
Fertilizantes	\$ 1 080,00	\$ 1 085,40	\$ 1 090,83	\$ 1 096,28	\$ 1 101,76	
Siembra	\$ 2 448,65	\$ 2 460,89	\$ 2 473,20	\$ 2 485,56	\$ 2 497,99	
Mano de obra	\$ 2 430,00	\$ 2 442,15	\$ 2 454,36	\$ 2 466,63	\$ 2 478,97	
Subtotal	\$ 5 958,65	\$ 5 988,44	\$ 6 018,38	\$ 6 048,48	\$ 6 078,72	
COSTOS TOTALES	\$ 6 532,58	\$ 6 565,24	\$ 6 598,07	\$ 6 631,06	\$ 6 664,21	

Según los antecedentes del mercado ecuatoriano, el precio de la lechuga se clasifica por categorías, por tanto, los precios de la primera, segunda y tercera calidad de lechuga son de \$ 2,00 kg, \$ 1,80 kg y \$ 1,75 kg, respectivamente. Por ello, para la superficie total de cultivo (162 m²) se obtienen 5680 plantas para la venta por año de producción y cosecha, con un total de nueve cosechas, lo que permite obtener diferentes ingresos totales cada año como se aprecia en la Tabla 13.

Tabla 13. Proyección de ingresos por venta para cinco años de uso del sistema NFT.

Ingresos por venta	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Primera calidad	\$ 9 271,63	\$ 9 271,63	\$ 9 271,63	\$ 9 271,63	\$ 9 271,63
Segunda calidad	\$ 85,15	\$ 85,15	\$ 85,15	\$ 85,15	\$ 85,15
Tercera calidad	\$ 82,78	\$ 82,78	\$ 82,78	\$ 82,78	\$ 82,78
Ingresos Totales	\$ 9 439,56	\$ 9 486,76	\$ 9 534,20	\$ 9 581,87	\$ 9 629,78

A continuación, se aprecia el reporte financiero de la producción de lechuga, en el cual incluye de forma resumida los ingresos obtenidos (ventas), costos y gastos en el momento que se producen, y como consecuencia la utilidad o pérdida bruta y utilidad o pérdida neta, cabe recalcar que el valor de la depreciación se obtuvo de la Tabla 8. Por lo tanto, mediante el estado financiero se determina que la producción de lechuga si genera utilidades en dicho periodo de tiempo, ya que los costos y gastos son menores que los ingresos (Tabla 14).

Tabla 14. Resumen del estado de resultados para cinco años de uso del sistema NFT.

CONCEPTOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ventas	\$ 9 439,56	\$ 9 486,76	\$ 9 534,20	\$ 9 581,87	\$ 9 629,78
Costos fijos	\$ 573,93	\$ 576,80	\$ 579,68	\$ 582,58	\$ 585,49
Costos variables	\$ 5 958,65	\$ 5 988,44	\$ 6 018,38	\$ 6 048,48	\$ 6 078,72
Costos totales	\$ 6 532,58	\$ 6 565,24	\$ 6 598,07	\$ 6 631,06	\$ 6 664,21
Utilidad bruta	\$ 2 906,99	\$ 2 921,52	\$ 2 936,13	\$ 2 950,81	\$ 2 965,56
Depreciación	\$ 577,43	\$ 580,32	\$ 583,22	\$ 586,14	\$ 589,07
Utilidad antes de impuestos	\$ 2 329,55	\$ 2 341,20	\$ 2 352,91	\$ 2 364,67	\$ 2 376,50
Impuestos	\$ 279,55	\$ 280,94	\$ 282,35	\$ 283,76	\$ 285,18
Utilidad neta	\$ 2 050,01	\$ 2 060,26	\$ 2 070,56	\$ 2 080,91	\$ 2 091,32

En la siguiente Tabla se indican los valores de depreciación de los activos fijos y el valor de rescate o residual, considerando una evaluación del proyecto de cinco años. La depreciación anual total es de \$ 577, 43 y el valor de rescate es \$ 5 437,87.

Tabla 15. Depreciación de activos y valor de rescate para cinco años de uso del sistema NFT.

COSTOS DE DEPRECIACIONES					
Activo fijo	Valor original	Tasa	Años	Dep. anual	Valor rescate
Sistema NFT 162 m ²	\$ 7 992,40	10%	15,00	\$ 532,83	\$ 5 328,27
Timer	\$ 19,64	10%	6,00	\$ 3,27	\$ 3,27
Electroválvula	\$ 64,00	10%	6,00	\$ 10,67	\$ 10,67
Mochila manual (5 L)	\$ 9,00	15%	6,00	\$ 1,50	\$ 1,50
Balanza digital (500 g)	\$ 20,00	5%	8,00	\$ 2,50	\$ 7,50
Medidor de pH, CE, T	\$ 70,00	10%	6,00	\$ 11,67	\$ 11,67
Electrobomba	\$ 150,00	10%	10,00	\$ 15,00	\$ 75,00
TOTAL	\$ 8 325,04			\$ 577,43	\$ 5 437,87

Finalmente, se observa en la Tabla 16 los ingresos y egresos actualizados de la producción, así también, una tasa de interés del 12%, los cuales fueron esenciales para la obtención del VAN, TIR y B/C. Previo a su obtención, en lo que respecta a los ingresos brutos por la venta de lechuga, es importante resaltar que en el quinto año se obtiene mayores ingresos, debido a que se consideró el valor de rescate, el que supuestamente tiene o tendrá el activo fijo al final de su vida útil. Para ello, se sumó este valor más el ingreso de la venta de lechuga, \$ 9 629,78 y se alcanzó un ingreso de \$ 15 067,65 en ese ciclo.

La producción de lechuga bajo NFT en invernadero, mediante el análisis de las herramientas financieras para un periodo de 5 años reportaron un VAN = \$ 4 400,94, esto implica que el proyecto es rentable, ya que es superior a 0, en tanto que la TIR indica viabilidad del proyecto, ya que soporta una tasa de descuento de hasta un 26,79%, la cual resultó mayor que la tasa de interés evaluada. Se alcanzó también una relación B/C de 1,13, este resultado expresa que, durante la vida útil del proyecto, por cada dólar invertido, se generará 0,13 de dólar, lo que demuestra que el proyecto puede ser aceptado.

Utilizando el valor del egreso actualizado del quinto año, \$ 3 781,45 por el valor generado en cada dólar invertido; es decir, 0,13 centavos, se obtiene \$ 491,59 en una superficie de 162 m², esto equivaldría a 0,33 \$/m²/cosecha, dando una utilidad estimada para cada cosecha de 3 371,66 \$/ha.

Tabla 16. Análisis de rentabilidad (VAN, TIR, B/C) para cinco años de uso del sistema NFT.

Año	Ingresos	Costos	Flujo de efectivo	Tasa (1+t)-n	Ingresos actualizados	Egresos actualizados
AÑO 0	-	\$9257,11	-\$9 257,11	1,0000	-	\$9 257,11
AÑO 1	\$9 439,56	\$6532,58	\$2 906,99	0,8928	\$8 428,18	\$5 832,66
AÑO 2	\$9 486,76	\$6565,24	\$2 921,52	0,7971	\$7 562,79	\$5 233,77
AÑO 3	\$9 534,20	\$6598,07	\$2 936,13	0,7117	\$6 786,25	\$4 696,37
AÑO 4	\$9 581,87	\$6631,06	\$2 950,81	0,6355	\$6 089,45	\$4 214,16
AÑO 5	\$15 067,65	\$6664,21	\$8 403,44	0,5673	\$8 549,79	\$3 781,45
TOTAL	\$53 110,04	\$42248,2	\$10 861,7		\$37 416,46	\$33 015,52

En otro estudio realizado en el área experimental del departamento de horticultura de la ESPOCH en Riobamba, presentaron un B/C de 4,63, lo que equivale al 362,75% de rentabilidad (Manzano, 2019). Mientras que, Bejarano (2018) en Machala, obtuvo un VAN de \$ 1 815,80, una TIR de 23,91%, y la relación B/C igual a 1,10 de la variedad crespa verde, similar a los valores obtenidos en este estudio.

Resultados superiores reportaron en su investigación Terceros y Villacorta (2019) en la Paz, Bolivia donde los indicadores de rentabilidad para una producción de 70 m² no fueron rentables, por lo cual proyectaron un flujo de caja para 280 m² y se trabajó con el peso comercial de la 7ma (1,02 USD). Después de realizar el flujo de caja, se obtuvo un VAN de \$ 2 266,11 USD, una TIR 19 % y 1,07 B/C, se concluye que es rentable el proyecto. En otros estudios Güequen (2018), también determinaron que el cultivo de lechuga bajo sistema hidropónico NFT es rentable, ya que, obtuvo un van de \$ 41 461,83 USD, una TIR de 20,91% y al analizar la relación B/C se obtuvo 2,42.

Por otro lado, observaron Tarqui, Chui y Chávez (2019) que el comportamiento de dos niveles de nitrógeno en dos variedades de lechuga cultivados en el sistema de película nutritiva resultó rentable, pues obtuvieron 4,5 B/C del T1, cabe recalcar que el experimento se realizó en las instalaciones de una empresa.

4.8.2. Sistema de producción convencional

La evaluación económica del proyecto se ha basado en la proyección de un área de cultivo de 237 m², debido a que, la producción del cultivo de lechuga bajo este sistema en el ensayo no mostró rentabilidad en la superficie utilizada. Por tanto, a continuación, en la Tabla 17 se

detallan los costos de inversión, costos de herramientas, así también, costos de asistencia técnica, capital de trabajo, entre otros. De esta manera, se determinó que se requiere una inversión inicial total de \$ 1 413,49.

Tabla 17. Costos de inversión para un sistema de cultivo convencional a campo.

CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
ACTIVO FIJO				
Herramientas				
Carretillas	Pieza	1	\$ 65,00	\$ 65,00
Palas	Pieza	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Picos	Pieza	1	\$ 26,00	\$ 26,00
Timer	Pieza	1	\$ 19,64	\$ 19,64
Electroválvula	Pares	2	\$ 32,00	\$ 64,00
Mochila manual (20 L)	Pieza	1	\$ 45,00	\$ 45,00
Balanza digital (500 g)	Pieza	1	\$ 20,00	\$ 20,00
Medidor de pH, CE, T	Pieza	1	\$ 70,00	\$ 70,00
Electrobomba	Pieza	1	\$ 150,00	\$ 150,00
Subtotal				\$ 469,64
ACTIVO DIFERIDO				
Asistencia técnica	Presupuesto	1	\$ 120,00	\$ 120,00
Permisos y licencias	Presupuesto	1	\$ 150,00	\$ 150,00
Subtotal				\$ 270,00
CAPITAL DE TRABAJO				
Capital de trabajo	Presupuesto	1	\$ 673,85	\$ 673,85
Subtotal				\$ 673,85
TOTAL				\$ 1 413,49

A continuación, se presentan los costos fijos y costos variables para que el sistema funcione durante los cinco años, y son estimativos ante los posibles eventos establecidos, que se definen para el proceso productivo (Tabla 18).

Tabla 18. Costos de producción para cinco años de uso del sistema convencional a campo.

COSTOS DE PRODUCCIÓN						
FIJOS		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Administración y ventas		\$ 161,00	\$ 161,81	\$ 162,61	\$ 163,43	\$ 164,24
Mant. Equipo		\$ 49,00	\$ 49,25	\$ 49,49	\$ 49,74	\$ 49,99
Pago de luz		\$ 28,00	\$ 28,14	\$ 28,28	\$ 28,42	\$ 28,56
Subtotal		\$ 238,00	\$ 239,19	\$ 240,39	\$ 241,59	\$ 242,80
VARIABLES						
Control de plagas y enfermedades		\$ 90,15	\$ 90,61	\$ 91,06	\$ 91,51	\$ 91,97
Fertilizantes		\$ 913,96	\$ 918,52	\$ 923,12	\$ 927,73	\$ 932,37
Siembra		\$ 1 192,82	\$ 1 198,78	\$ 1 204,77	\$ 1 210,80	\$ 1 216,85
Mano de obra		\$ 2.520,00	\$ 2 532,60	\$ 2 545,26	\$ 2 557,99	\$ 2 570,78
Subtotal		\$ 4 716,93	\$ 4 740,51	\$ 4 764,21	\$ 4 788,03	\$ 4 811,97
COSTOS TOTALES		\$ 4 954,93	\$ 4 979,70	\$ 5 004,60	\$ 5 029,62	\$ 5 054,77

Para la proyección de ingresos por ventas se ha obtenido 5680 plantas para la venta por año de producción y cosecha en una superficie total de cultivo de 237 m², con siete cosechas, lo que permite obtener diferentes ingresos totales cada año, como se observa en la Tabla 19. Además, se consideró el mismo precio de la lechuga crespa según sus categorías, utilizados en el sistema anterior.

Tabla 19. Proyección de ingresos por venta para cinco años de uso del sistema convencional.

Ingresos por venta	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Primera calidad	\$ 4 726,10	\$ 4 726,10	\$ 4 726,10	\$ 4 726,10	\$ 4 726,10
Segunda calidad	\$ 797,53	\$ 797,53	\$ 797,53	\$ 797,53	\$ 797,53
Tercera calidad	\$ 258,46	\$ 258,46	\$ 258,46	\$ 258,46	\$ 258,46
Ingresos Totales	\$ 5 782,09	\$ 5 811,00	\$ 5 840,05	\$ 5 869,25	\$ 5 898,60

Posteriormente, se determinó el estado financiero de la producción de lechuga como se observa en la Tabla 20. Y se establece que la producción de lechuga si genera utilidades en dicho periodo de tiempo, ya que los costos y gastos son menores que las ventas.

Tabla 20. Resumen del estado de resultados para cinco años de uso del sistema convencional.

CONCEPTOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ventas	\$ 5 782,09	\$ 5 811,00	\$ 5 840,05	\$ 5 869,25	\$ 5 898,60
Costos fijos	\$ 238,00	\$ 239,19	\$ 240,39	\$ 241,59	\$ 242,80
Costos variables	\$ 4 716,93	\$ 4 740,51	\$ 4 764,21	\$ 4 788,03	\$ 4 811,97
Costos totales	\$ 4 954,93	\$ 4 979,70	\$ 5 004,60	\$ 5 029,62	\$ 5 054,77
Utilidad bruta	\$ 827,16	\$ 831,30	\$ 835,45	\$ 839,63	\$ 843,83
Depreciación	\$ 67,44	\$ 67,78	\$ 68,12	\$ 68,46	\$ 68,80
Utilidad antes de impuestos	\$ 759,72	\$ 763,52	\$ 767,34	\$ 771,17	\$ 775,03
Impuestos	\$ 91,17	\$ 91,62	\$ 92,08	\$ 92,54	\$ 93,00
Utilidad neta	\$ 668,55	\$ 671,90	\$ 675,26	\$ 678,63	\$ 682,03

En la siguiente Tabla se señala los valores de depreciación de los activos fijos y el valor de rescate. La depreciación anual total es de \$ 67,44 y el valor de rescate es \$ 132,44.

Tabla 21. Depreciación de activos y valor de rescate para cinco años de uso del sistema convencional.

COSTOS DE DEPRECIACIONES					
Activo fijo	Valor original	Tasa	Años	Dep. anual	Valor rescate
Carretillas	\$ 65,00	10%	6,00	\$ 10,83	\$ 10,83
Palas	\$ 10,00	10%	6,00	\$ 1,67	\$ 1,67
Picos	\$ 26,00	15%	6,00	\$ 4,33	\$ 4,33
Timer	\$ 19,64	10%	6,00	\$ 3,27	\$ 3,27
Electroválvula	\$ 64,00	10%	6,00	\$ 10,67	\$ 10,67
Mochila manual (20 L)	\$ 45,00	15%	6,00	\$ 7,50	\$ 7,50
Balanza digital (500 g)	\$ 20,00	5%	8,00	\$ 2,50	\$ 7,50
Medidor de pH, CE, T	\$ 70,00	10%	6,00	\$ 11,67	\$ 11,67
Electrobomba	\$ 150,00	10%	10,00	\$ 15,00	\$ 75,00
TOTAL	\$ 469,64			\$ 67,44	\$ 132,44

Por último, se observa que los ingresos brutos por venta de lechuga en el quinto año también reportan mayores ingresos, debido a que se consideró el valor de rescate, y se sumó este valor más el ingreso de la venta de lechuga, \$ 5 898,60 y se alcanzó un ingreso de \$ 6 031,04

(Tabla 22). La producción de lechuga bajo el sistema convencional a campo, obtuvo un VAN = \$ 1 669,97, esto significa que es rentable, ya que es superior a 0, mientras que, la TIR muestra viabilidad del proyecto, ya que soporta una tasa de descuento de hasta un 52,29%, la cual resultó mayor que la tasa de interés (12%). Así también, se consiguió una relación B/C de 1,09, este resultado expresa que, durante la vida útil del proyecto, por cada dólar invertido, se generará 0,09 de dólares, lo que demuestra que el proyecto puede ser aceptado.

Utilizando el valor del egreso actualizado del quinto año, \$ 2 868,21 por el valor generado en cada dólar invertido; es decir, 0,09 dólares, se obtiene \$ 36,87 en una superficie de 237 m², esto equivaldría a 0,15 \$/m²/cosecha, dando una utilidad estimada para cada cosecha de 1 558,62 \$/ha.

Tabla 22. Análisis de rentabilidad (VAN, TIR, B/C) para cinco años de uso del sistema convencional.

Año	Ingresos	Costos	Flujo de efectivo	Tasa (1+t)-n	Ingresos actualizados	Egresos actualizados
AÑO 0	-	\$1 413,49	-\$1 413,49	1,0000	-	\$1 413,49
AÑO 1	\$5 782,09	\$4 954,93	\$827,16	0,8928	\$5 162,58	\$4 424,04
AÑO 2	\$5 811,00	\$4 979,70	\$831,30	0,7971	\$4 632,49	\$3 969,79
AÑO 3	\$5 840,05	\$5 004,60	\$835,45	0,7117	\$4 156,83	\$3 562,17
AÑO 4	\$5 869,25	\$5 029,62	\$839,63	0,6355	\$3 730,02	\$3 196,42
AÑO 5	\$6 031,04	\$5 054,77	\$976,27	0,5674	\$3 422,17	\$2 868,21
TOTAL	\$2 9333,43	\$2 6437,1	\$2 896,3		\$ 21 104,09	19 434,12

En cambio, Pelchor (2017) en su trabajo realizado en Cuenca, alcanzó una relación beneficio de 2,33 dólares de utilidad, en cambio, Salinas (2014) en una producción de 142,60 m² alcanzó 0,25 dólares. Por otro lado, León (2015) obtuvo un ingreso neto de 4,78 USD en 6,12 m², presentando una relación B/C de 0,03 USD. Caizapasto (2019), en una producción de lechuga crespa a campo abierto en Ibarra, logró un costo de producción de 2 146,94 \$/ha con una relación B/C de 0,48 USD.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En condiciones Amazónicas, los indicadores morfofisiológicos y productivo del cultivo de lechuga, presentan mejores resultados cuando las plantas se desarrollan bajo el sistema hidropónico NFT, debido a que, se encuentran semi protegidas por el invernadero, por lo tanto, los factores ambientales y de suelo de la región no influyeron directamente en el cultivo, otro factor también importante, es la dosificación adecuada de la solución nutritiva, la cual permitió la obtención de plantas sanas, sin la presencia de plagas ni enfermedades. Además, la variedad Starfighter presentó mejor comportamiento que la variedad Cherokee, tanto en el sistema hidropónico NFT como en el sistema convencional a campo.

Por último, de acuerdo a la evaluación económica realizada bajo los sistemas de cultivo se concluye que, tanto el sistema hidropónico NFT como el convencional fueron rentables, pero, debido a que los mejores resultados del VAN, la TIR y el B/C fueron del sistema hidropónico, los cuales están dentro de los parámetros requeridos, se concluye que este proyecto puede ser aceptado.

5.2. RECOMENDACIONES

Considerar el sistema NFT como una alternativa para cultivar lechugas, ya que su crecimiento es precoz, mayor número de cosechas por año, mayor rendimiento y optimiza el uso del recurso suelo. Además, se utiliza menos agua por la reutilización de la solución nutritiva, sin embargo, es importante tomar en cuenta los factores, pH, CE y la temperatura del ambiente, para incrementar el número de hojas por planta.

Para la construcción del sistema hidropónico se puede emplear materiales de la zona como la caña de guadua por los tubos PVC de cultivo, con la finalidad de reducir costos.

Las variedades Starfighter y Cherokee reportaron un adecuado comportamiento, por ello, se recomienda evaluar su desarrollo a través de la técnica de luz artificial y sombra permanente.

Se recomienda cultivar esta hortaliza con una superficie representativa para obtener rentabilidad.

6. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Afton, W. (2018). "Evaluation of growth characteristics, yield, marketability and nitrate levels of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars produced in South Louisiana" LSU Master's Theses. *Agriculture Commons*, 4382. Recuperado el 03 de octubre de 2019 de https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_theses/4382/
- Albert, N., Nazaire, K., y Hartmut, K. (2012) The relative effects of compost and non-aerated compost tea in reducing disease symptoms and improving tuberization of *Solanum tuberosum* in the field. *International Journal of Agriculture*. Rev. 2: 504-512. Disponible <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20123254759>
- Alemán, R., Bravo, C., Freile, J., Ibarra, E., y Alba, J. (2018). Estudio de la influencia de los tipos de fertilizantes orgánicos en el desarrollo morfofisiológico y productivo de los cultivos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y rábano (*Raphanus sativus* L.). En Alemán R., Bravo, C. y Fargas, C. (Ed.), *Fertilización orgánica en cultivos de lechuga (Lactuca sativa L.) y rábano (Raphanus sativus L.) en la Amazonía Ecuatoriana* (pp. 43-76). Puyo, Ecuador: Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres
- Alemán, R., Bravo, C y Oña, M. (2014). Posibilidades de producir hortalizas en la Región Amazónica del Ecuador, provincia de Pastaza. *Centro Agrícola*, 41 (1): 67-72.
- Al-Tawaha, A., Al-Karaki, G., Al-Tawaha, A. R., Sirajuddin, S. N., Makhadmeh, I., Wahab, P. E. M., y Massadeh, A. (2018). Effect of water flow rate on quantity and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in nutrient film technique (NFT) under hydroponics conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(5), 791-798. Disponible https://www.researchgate.net/profile/Abdel_Razzaq_Al_Tawaha/publication/328532184_Effect_of_water_flow_rate_on_quantity_and_quality_of_lettuce_Lactuca_sativa_L_in_nutrient_film_technique_NFT_under_hydroponics_conditions/links/5be1dc7f4585150b2ba30062/
- Amaral, L. A. D., Nader, A., Rossi, O. D., Ferreira, F. L. A., y Barros, L. S. S. (2003). Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. *Revista de Saúde Pública*, 37(4), 510-514. Disponible <https://www.scielosp.org/article/rsp/2003.v37n4/510-514/pt/>
- Ayala, B. V., Huanca, C. y Fernández, C. M. (2019). Evaluación del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*) en sistema hidropónico bajo dos niveles de cloruro de

potasio. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 6(2), 66-71. Recuperado en 07 de mayo de 2020, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182019000200009&lng=es&tlng=es.

Baca, C., G. A. J.; Rodríguez, C. E. y Quevedo, N. A. (2016). La solución nutritiva en hidroponía. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(1), 197. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342018000804343&script=sci_arttext&tlng=pt

Baslam, M., Morales, F., Garmendia, I., y Goicoechea, N. (2013). Nutritional quality of outer and inner leaves of green and red pigmented lettuces (*Lactuca sativa* L.) consumed as salads. *Scientia Horticulturae*, 151, 103-111. Consultado el 28 de febrero de 2013. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.12.023>

Balboa Laura, M. H., y Ruiz Bustos, L. E. (2017). Consumo del suministro nutricional en un sistema hidropónico NFT caso experimental: cultivo de lechuga *Lactuca sativa* variedad crispa. *Revista Tecnológica*, 19. Disponible en <http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-75322017000100006&lng=es&nrm=iso>.

Beltrano, J. y Gimenez, D. (2015). *Cultivo en hidroponía* (Primera ed.). La Plata, Buenos Aires, Argentina: Editorial de la Universidad de La Plata. Recuperado de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1

Bejarano, C. (2018). Factibilidad de lechuga *Lactuca sativa* hidropónica en el cantón Santa Rosa provincia de El Oro (Tesis de pregrado), Machala: Universidad Técnica de Machala). Disponible en http://186.3.32.121/bitstream/48000/12415/4/DE00002_TRABAJO DETITULACION.pdf

Buenaventura, E. A. A., Sánchez, O. A. G., Castro, D. A. V., & Carvajal, J. J. M. (2019). Sistema de monitoreo y control de un modelo hidropónico del tipo Nutrient Film Technic NFT, para la producción de hortalizas en ambientes controlados. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 6(1), 29-40. Aceptado: 01.04.2019. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/333155208_Prototipo_basado_en_Nutrient_Film_Technic_para_el_monitoreo_y_control_de_un_cultivo_de_hortaliza

- Briones, P., Quintana, P., y Guanín, G. (2016). Análisis económico-financiero ante las reformas arancelarias. Caso de estudio: empresas importadoras de Ecuador. *Revista Publicando*, 3(7), 476-491. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5833478>
- Cajo, A. (2016). Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Cevallos. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23421/1/Tesis-136%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20413.pdf>
- Caldeyro, M., Cajamarca, I., Erazo, J., Aucatoma, T., e Izquierdo, J. (2012). Hidroponía simplificada: Mejoramiento de la seguridad alimentaria y nutricional en niños de 0 a 6 años en Ecuador. Recuperado a partir de: <http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/1769>
- Calero León, C. J. (2011). Seguridad alimentaria en el Ecuador desde un enfoque de acceso a alimentos (Master's thesis, Quito: FLACSO Sede Ecuador). Consultado en febrero del 2010. Recuperado a partir de: <http://hdl.handle.net/10469/3097>
- Carillo, G., Lara, A., Padilla, L., Flores, M., Avelar, J., y Llamas, J., (2015). Evaluación técnica y financiera del cultivo de lechuga en invernadero alternativa para invierno. *Terra Latinoamericana*, 33(3), 251-260. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000300251&lng=es&nrm=iso>.
- Caizapasto Guachala, G. B. (2020). Evaluación del rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad cressa salad con retenedores de agua en Tocachi-Pichincha y San José de Chaltura-Imbabura (Bachelor's thesis). Disponible en <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9780/2/03%20EIA%20486%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Cordero, A., y Torres, S. (2011). Análisis de la rentabilidad económica de la producción de jitomate bajo invernadero en Acaxochitlán, Hidalgo. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 29, 752-761. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/141/14119052013.pdf>

- Cruz, A. (2016). "Evaluación de tres variedades del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en dos sistemas de hidroponía bajo ambiente semi controlado en el Centro Experimental Chocloca". *Ventana científica* 7 (12): 31-39. Publicado el 28 de octubre de 2016. Disponible en <http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2305-60102016000200005&lng=es&nrm=iso>
- Delaide, B., Goddek, S., Gott, J., Soyeurt, H., y Jijakli, M. H. (2016). Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. Sucrine) Growth Performance in Complemented Aquaponic Solution Outperforms Hydroponics. *Water*, 8(10), 467. Publicado el 19 Octubre 2016. Disponible <https://doi.org/10.3390/w8100467>
- Di Benedetto, A., y Tognetti, J. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 42(3), 258-282. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/864/86449712008.pdf>
- El-Esawi, M. A. (2015). Molecular genetic markers for assessing the genetic variation and relationships in *Lactuca* germplasm. *Annual Research & Review in Biology*, 8(5), 1. Publicado el 09 de Octubre del 2015. Disponible <https://doi.org/10.9734/ARRB/2015/20647>
- Espinoza, S. T. L., Peña, A. R., Valqui, N. C. V., y Chávez, J. C. N. (2018). Comportamiento productivo de 11 variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema hidropónico NFT recirculante (Chachapoyas–Amazonas). *Revista de Investigación en Agroproducción Sustentable*, 2(1), 50-56. Aceptado el 19 de Marzo del 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.25127/aps.20181.384>
- Flórez, L., González, G., Pulido, S., Wyckhuys, K., Escobar, H., Salamanca, C., Zamudio, A., Jiménez, J., y Gil, R. (2012). Cultivos de hortalizas. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas, Departamento de Agronomía, Monterrey, México, 170 pp. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/15618>
- Guerrero, E., Revelo, J., Benavides B., O., Chaves J., G., y Moncayo, C. (2014). Evaluación de sustratos en un cultivo de lechuga bajo un sistema hidropónico en el municipio de Pasto. *Revista De Ciencias Agrícolas*, 31(1), 3-16. <https://doi.org/10.22267/rcia.143101.38>

- González, R. C. (2017). Evapotranspiración y coeficiente de cultivo de la lechuga (BSS-13) en condiciones de Organopónico. *Revista Ingeniería Agrícola*, 5(2), 10-15. Disponible <https://www.rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/688>
- Güequen, C. E. (2018). Evaluación económica del cultivo de *Lactuca sativa* en sistema hidropónico bajo invernadero en Puerto Aysén, Región de Aysén (Tesis Doctoral, Universidad Austral de Chile). Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2018/faf954e/doc/faf954e.pdf>
- Huanca, C. (2017). Evaluación de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con dos niveles de cloruro de potasio (KCl) en sistema hidropónico NFT, *El Alto, La Paz* (No. CIDAB-T-SB351. L6-H8e). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz (Bolivia). Disponible en <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/15279>
- Jaramillo, J., Aguilar, P., Tamayo, P., Arguello, E., y Guzmán, M. (2016). Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el oriente antioqueño. *Medellín, Colombia*. Disponible https://issuu.com/sheencat90/docs/manual_del_cultivo_de_la_lechuga
- Jaramillo, J. E., y Ríos, G. (2012). Estrategias de producción limpia de hortalizas. Rionegro, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Centro de Investigación La Selva. Boletín Técnico, 96 pp. Disponible <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CO2019011470>
- Jiménez, G. (2017). Aplicación de paquetes tecnológicos para la producción de lechuga crespa de hoja (*Lactuca sativa* L.). (Tesis de grado. Ingeniera Agrónoma). Recuperado el 15 de 11 de 2011, de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25879/1/Tesis-161%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B>
- Kortei NK, Quansah C. (2016). Influence of compost prepared from household waste and poultry manure in compost- soil mixtures on the growth and yield of Lettuce (*Lactuca sativa* L). *Scientia Agriculturae*, 13(3), 163-167. Retrieved from www.pscipub.com (DOI: 10.15192/PSCP.SA.2016.13.3.163167)
- Leyva-Ovalle, O. R. (2016). Sistema eficiente para producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Agroproductividad*, 9(6). Recuperado de <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/772>.

- León Cayo, M. E. (2015). Respuesta de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) y remolacha (*Beta vulgaris* L. var. *Conditiva*) a la aplicación al suelo del consorcio de microalgas (*Chlorella sp.*) y (*Scenedesmus sp.*) (Bachelor's thesis, Quito: UCE). Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6757/1/T-UCE-0004-21.pdf>
- Lima, T., Gazaffi, R., Ceccherini, G., Marchi, L., Martínez, M., Ferreira, C., y Sala, F. (2018). El volumen de las células en las bandejas influye en la producción de lechuga hidropónica. *Horticultura Brasileira*, 36(3), 408-413.
- López. (2018). Hydroponic production of crops. *Idesia (Arica)*, 36(2), 139-141. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005000801>
- López, A., Javier, G. A., Fenoll, J., Hellín, P., y Flores, P. (2014). Chemical composition and antioxidant capacity of lettuce: Comparative study of regular-sized (Romaine) and baby-sized (Little Gem and Mini Romaine) types. *Journal of Food Composition and Analysis*, 33(1), 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.10.001>Get rights and content
- Martínez Barreno, B. A. (2019). Evaluación del biosol generado en la producción de biogas, como biofertilizante en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) (Bachelor's thesis). Publicado en marzo del 2019. Disponible <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29476>
- Martínez, F. E., y Garcés, G. A. (2010). Crecimiento y producción de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. *romana*) bajo diferentes niveles de potasio. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(2), 175-184. Recuperado el 21 de 03 de 2020, https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/1239
- Mampholo, B. M., Maboko, M. M., Soundy, P., y Sivakumar, D. (2016). Phytochemicals and overall quality of leafy lettuce (*Lactuca sativa* L.) varieties grown in closed hydroponic system. *Journal of Food Quality*, 39(6), 805-815. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfq.12234>
- Manzano, C. (2019). Evaluación de tres dosis de potasio en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Var. *crispa* bajo el sistema hidropónico en invernadero. *European Scientific Journal*, 14(36), 95. doi: 10.19044/esj.2018.v14n36p92
- Mete, M. (2014). Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. *Fides et Ratio-Revista de Difusión*

cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia, 7(7), 67-85. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2014000100006&lng=es&tlng=es.

Monge, Claudio, Chaves, Carolina, y Arias. (2011). Comparación de la calidad bacteriológica de la lechuga (*Lactuca sativa*) producida en Costa Rica mediante cultivo tradicional, orgánico o hidropónico. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 61(1), 69-73. Recuperado en 08 de febrero de 2019, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222011000100009&lng=es&tlng=pt

Molina, J., Oña, J., Tipán, M., y Topa, S. (2018). Análisis financiero en las empresas comerciales de Ecuador. *Revista de Investigación Sigma*, 5(01), 8-28. Disponible en: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/Sigma/article/view/1202>

Montaño, Raimundo, y Aquiles. (2018). Exportación de nitrógeno de la Lechuga (*Lactuca sativa*) con fertilización nitrogenada y estrategias de reposición de Agua. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 5(1), 7-15. Recuperado en 25 de diciembre de 2019, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182018000100003&lng=es&tlng=es

Paterlini, H., González, M., y Picone, L. (2019). Producción de lechuga en suelo con aplicación de compost de cama de pollo. *Ciencia del suelo*, 37(1), 38-50. Recuperado de 05 de noviembre de 2019 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6980776>

Pelchor, J. (2017). " Estudio comparativo de producción y comercialización de dos sistemas de producción: convencional y agroecológico del cultivo de lechuga en el cantón Cuenca. " Cuenca, Master Tesis. Disponible en <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26364/1/tesis%2004-01-2017.pdf>

Pire, R. y Valenzuela, I. 1995. Estimación del área foliar en *Vitis vinifera* L. "French Colombard" a partir de mediciones lineales en las hojas. *Agronomía Tropical* 45(1):143-154.

Quispe Pairo, L. (2015). Evaluación de seis variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas con el sistema hidropónico recirculante NFT en el Centro Experimental

de Cota Cota (No. CIDAB-T-SB351. L6-Q83e). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz (Bolivia). Facultad de Agronomía. Disponible <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=cidab.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expression=mfn=020787>

- Ramírez, G. A. V., Valencia, B. G., Cardona, M. L. O., López, L. M. D., Álvarez, B. E. J., y Hinestroza, H. E. G. (2018). Evaluación comparativa de lechuga (*Lactuca sativa* L.) “Verónica” bajo condiciones controladas en dos métodos de producción. *Encuentro Sennova del Oriente Antioqueño*, 4(0), 36-46. Recuperado a partir de <http://revistas.sena.edu.co/index.php/Encuentro/article/view/2055>
- Rawat, J., Sanwal, P., y Saxena, J. (2016). Potassium and its role in sustainable agriculture. In *Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture* (pp. 235-253). Varanasi, India: Springer, New Delhi.
- Ramírez, A., González, J., Andrade, V., y Torres, V. (2016). Efecto de los tiempos de conservación a temperatura ambiente, en la calidad del huevo de gallinas camperas (*Gallus domesticus*) en la Amazonía Ecuatoriana. *Electrónica de Veterinaria*, 17(12), 1-17.
- Rodríguez, D. A., Ortega-Toro, R., y Piñeros-Castro, Y. (2018). Propiedades Físicoquímicas, Funcionales y Microbiológicas de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) adicionada con Ácidos Orgánicos. *Información tecnológica*, 29(4), 21-30. Publicado agosto del 2018. DOI <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000400021>
- Rubio (2010). Comportamiento de tres cultivares de lechuga de hoja (*Lactuca sativa* L), con cinco distanciamientos de siembra. (Tesis Ingeniero Agrónomo). Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo. Publicado el 15 de julio del 2013. Disponible en: <http://hdl.handle.net/123456789/2762>
- Salinas Toapanta, C. D. (2014). Introducción de cinco variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el barrio Santa Fe de la parroquia Atahualpa en el cantón Ambato (Bachelor's thesis). Publica el 05 de febrero del 2014. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/6491>
- Santos Júnior, J. A., Gheyi, H. R., Soares, F. A., y Días, N. D. S. (2013). Efficiency of water use in sunflower grown in hydroponic system under saline stress. *Engenharia Agrícola*, 33(4), 718-729. Publicado en agosto del 2013. Disponible: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-

69162013000400011&lng=en&nrm=iso>. access
on 12 Dec. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162013000400011>

Sánchez, F., González, L., Moreno, E. del C., Pineda, J., y Reyes, C. E. (2014). Dinámica nutricional y rendimiento de pepino cultivado en hidroponía con y sin recirculación de la solución nutritiva. *Revista fitotecnia mexicana*, 37(3), 261-269. Recuperado a partir de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802014000300013

Saavedra, G. (2017). Preparación de suelos y trasplante. En Saavedra, G. (Ed), *Manual de producción de lechuga* (pp. 64-78). Santiago, Chile: INIA. Disponible <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/09%20Manual%20Lechuga.pdf>

Salusso, F. A., Plevich, J. O., Delgado, A. R. S., Ramos, D. F., y Grosso, L. E. (2017). Efectos del uso de manta térmica sobre variables ambientales y rendimiento de un cultivo de lechuga. *Revista Ingenhariana Agricultura - Reveng*, 25(1), 74-82. <https://doi.org/10.13083/reveng.v25i1.692>

Silva, G. A. C. (2004). Sistema NFT: requerimientos y usos. In *Tratado de cultivo sin suelo* (pp. 541-554). Mundi Prensa Libros SA. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=861244>

Sosa, A., Ruíz, G., Padilla, J., Etchevers, J., Castellanos, J., y Robles, R. (2017). Curvas de acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio en lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. coolward cultivada en invernadero en México. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 25, 23-28. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/315380889_Curvas_de_acumulacion_de_nitrogeno_fosforo_y_potasio_en_lechuga_Lactuca_sativa_L_cv_Coolward_cultivada_en_invernadero_en_Mexico

Soto, F. (2010). Producción de lechuga con la técnica de lámina de nutrientes modificada (NFT). San José (CR): INA, 38 p. Publicado en enero del 2010. Disponible <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5104174>

Solano, K., Mendoza, M., Trejo, L., Cue, J., y Escudero, J. (2013). Efluente y té de vermicompost en la producción de hortalizas de hoja en sistema NFT. *Interciencia*, 38(12), 863-869. Disponible <https://www.redalyc.org/pdf/339/33929617007.pdf>

- Smith, R., Ernie, F., y Silva, F. (2015). El crecimiento de la lechuga y el consumo del agua en el sistema hidropónico NFT utilizando agua salobre. *Agriambi*, 16(7), 636-742.
- Tarqui, R. C., Chui, C. H., y Chávez, C. M. F. (2019). Evaluación de niveles de nitrógeno en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el sistema hidropónico NFT, en la ciudad de El Alto-La Paz. *Apthapi*, 5(3), 1694-1703. Disponible en:
- Tarqui, M., Chipana, R., Mena, F. C., Luna, J. J., Tallacagua, R., y Gutiérrez, S. (2017). Índice de estrés hídrico del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), mediante termometría infrarroja a diferentes láminas de riego. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 4(1), 7-18. Aceptado el 4 de mayo 2017. Disponible en <http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182017000100003&lng=es&nrm=iso>. accedido el 12 dic. 2019.
- Terán Burgos, D. R. (2015). Comportamiento agronómico del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Con diferentes abonos orgánicos, en el colegio pueblo nuevo cantón El Empalme, año 2014 (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ). Disponible en <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1479>
- Terceros, M. J., y Villacorta, W. B. (2019). Establecimiento de un sistema hidropónico con la técnica de película nutritiva (NFT) en el cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en la Estación Experimental Patacamaya, La Paz. *Apthapi*, 5(2), 1608-1615. Disponible en <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/20632>
- Terry Alfonso, E., Ruiz Padrón, J., Tejeda Peraza, T., Reynaldo Escobar, I., y Díaz de Armas, M. M. (2011). Respuesta del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) a la aplicación de diferentes productos bioactivos. *Cultivos tropicales*, 32(1), 28-37. Publicado en marzo 2011. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362011000100003&lng=es&nrm=iso
- Urrestarazu, M. (2015). Manual práctico del cultivo sin suelo e hidroponía. Madrid - España: Mundi-Prensa. Recuperado el 21 de 09 de 2017. https://www.researchgate.net/publication/286246416_Manual_practico_del_cultivo_sin_suelo_e_hidroponia

- Urdiales V., y Espín J. (2018). Monitoreo de un sistema hidropónico NFT a escala usando arquitectura Arduino (PARTE 1). *Revista Tecnología en Marcha*, 31 (2), 147-158. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i2.3632>
- Valderrama, S. (2016). Manual del cultivo de la lechuga. Medellín, Colombia.
- Valdivia H., y Almanza G. (2016). Evaluation of the effect of macronutrients from human urine as fertilizer in the grow of *Lactuca Sativa*. *Revista Boliviana de Química*, 33(1), 20-26. Recuperado en 27 de marzo de 2020, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602016000100003&lng=es&tlng=es.
- Velásquez V., Ruíz E., Chaves J., y Luna C. (2014). Productivity of lettuce *Lactuca sativa* in high tunnel conditions on Vitric haplustands soil. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 31(2), 93-105. Disponible <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v31n2/v31n2a08.pdf>
- Velasco, J, Aguirre, G., y Ortuño, N. (2016). Humus líquido y microorganismos para favorecer la producción de lechuga (*Lactuca sativa* Var. Crespa) en cultivo de hidroponía. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(2), 71-83. Recuperado en 21 de abril de 2020, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592016000200004&lng=es&tlng=es.
- Villa, G., Giraldo, B., Orrego, M., Díaz, L., Jaramillo, B., y García, H. (2018). Evaluación comparativa de lechuga (*Lactuca sativa* L.) “Verónica” bajo condiciones controladas en dos métodos de producción. *Encuentro Sennova Del Oriente Antioqueño*, 4, 36. Recuperado a partir de <http://revistas.sena.edu.co/index.php/Encuentro/article/view/2055>

7. ANEXOS

Anexo 1. Plántulas de lechuga de la Var. Starfighter en el sistema NFT y Var. Cherokee en el sistema convencional en el momento del trasplante.



Anexo 2. Plántulas de lechuga en el sistema hidropónico NFT a los 21 días de trasplante.



Anexo 3. Plántulas de lechuga en el sistema convencional a campo a los 21 días de trasplante.



Anexo 4. Altura de las plantas a los 21 días en el sistema NFT de la Var. Starfighter y de la Var. Cherokee en el sistema convencional.



Anexo 5. Diámetro del tallo a los 21 días en el sistema NFT y a campo de la Var. Starfighter.



Anexo 6. Diámetro del tallo bajo el sistema NFT y a campo de la Var. Starfighter y Cherokee a los 28 días.



Anexo 7. Largo de la raíz de las plantas en el sistema NFT y en el sistema convencional a los 28 días.



Anexo 8. Área foliar de las dos variedades a los 35 días después del trasplante.



Anexo 9. Materia fresca de los órganos vegetativos cultivadas a campo.



Anexo 10. a. Materia seca de las hojas, b. tallo y raíz cultivadas en los sistemas de cultivo.



Anexo 11. Variedad Cherokee cultivada bajo el sistema NFT a los 35 días (cosecha).



Anexo 12. Variedad Starfighter cultivada bajo el sistema NFT a los 35 días.



Anexo 13. Variedad Cherokee cultivada bajo el sistema convencional a los 42 días (cosecha).



Anexo 14. Variedad Starfighter cultivada bajo el sistema convencional a los 42 días.



Anexo 15. Cultivo de lechuga bajo el sistema hidropónico NFT a los 35 días después del trasplante.



Anexo 16. Cultivo de lechuga bajo el sistema convencional a los 42 días después del trasplante.

