



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

INGENIERO AGROPECUARIO

TRABAJO DE TITULACIÓN

Evaluación de los sistemas de producción vertical hortícolas,
frente a los huertos convencionales en la Estación
Agropecuaria U.T.P.L.

Autores : Córdova Quito, Carlos Israel
: Campoverde Elizalde, Henry Daniel
Director : Capa Mora, Edwin Daniel

LOJA - ECUADOR

2020



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2020

Aprobación del director del Trabajo de Titulación

Loja, 25 de septiembre de 2020

Dr.

Edwin Daniel Capa Mora.

Coordinador de Ingeniería Agropecuaria

Ciudad.

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación denominado: Evaluación de los sistemas de producción vertical hortícolas, frente a los huertos convencionales en la Estación Agropecuaria U.T.P.L” realizado por Carlos Israel Córdova Quito y Henry Daniel Campoverde Elizalde, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo. Así mismo, doy fe que dicho trabajo de titulación ha sido revisado por la herramienta antiplagio institucional.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Firma del director del Trabajo de Titulación

Edwin Daniel Capa Mora.

CI.: 1103819486

Declaración de autoría y cesión de derechos

- Nosotros Carlos Israel Córdova Quito y Henry Daniel Campoverde Elizalde declaramos ser autores del presente trabajo de titulación: “Evaluación de los sistemas de producción vertical hortícolas, frente a los huertos convencionales en la Estación Agropecuaria U.T.P.L.”, de la Titulación de Ingeniería Agropecuaria, específicamente de los contenidos comprendidos en: Introducción, Capítulo 1. Marco teórico del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L), Capítulo 2. Materiales y métodos, Capítulo 3. Resultados y discusión, Conclusiones y Recomendaciones, siendo Edwin Daniel Capa Mora, director del presente trabajo; y, en tal virtud, eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual. Además, ratifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de mi exclusiva responsabilidad.
- Que nuestra obra, producto de nuestras actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.
- Autorizamos a la Universidad Técnica Particular de Loja para que pueda hacer uso de mi obra con fines netamente académicos, ya sea de forma impresa, digital y/o electrónica o por cualquier medio conocido o por conocerse, sirviendo el presente instrumento como la fe de mi completo consentimiento; y, para que sea ingresada al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Autor: Carlos Israel Cordova Quito

C.I.: 1150217642

Firma:

Autor: Henry Daniel Campoverde Elizalde

C.I.: 1105922262

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, por darme la vida y la oportunidad de poder conseguir este gran logro académico.

A mis padres que siempre han sido la base fundamental para seguir adelante en busca de nuevos triunfos, por todo el apoyo que me han brindado y que siempre están para seguirme apoyando.

A mis abuelitos, tíos, primos, especialmente a mi tío Cesar Córdova, por su apoyo incondicional y por todas sus enseñanzas, que aun que ya no estés con nosotros para disfrutar de este logro, siempre te llevo presente en mis recuerdos.

Carlos Israel Córdova Quito

Dedico este trabajo con mucho cariño y aprecio a mis familiares y en especialmente a mis padres Franklin Campoverde y Dora Elizalde que con su gran esfuerzo y comprensión siempre estuvieron apoyándome y ayudándome en cada logro que realizaba a medida de mi formación.

Mis abuelitos, tíos, tías, a mis dos hermanas Karen, Selena, y de manera especial a mi abuelito Alfonzo Campoverde que a través de sus sabios consejos y un ejemplo de superación para seguir adelante y cumpliendo muchas metas, y por su gran apoyo y cariño muchas gracias todos.

Henry Daniel Campoverde Elizalde

Agradecimiento

Primeramente, agradecer a Dios por darme la salud y la sabiduría para conseguir este logro académico.

También agradecer a los docentes de la U.T.P.L, por todos sus conocimientos que me impartieron, especialmente a los que laboran en la sección de agropecuaria.

Al Dr. Daniel Capa, que siempre estuvo guiándome en mi proceso de formación académica, tanto como docente compartiendo sus conocimientos en las aulas y como coordinador de la titulación de Ingeniería Agropecuaria siempre luchado para que titulación siga adelante.

Carlos Israel Córdova Quito

Agradecer primeramente a Dios por permitirme darme salud para poder lograr todas las metas que me estado proponiendo y seguir adelante siempre a mis padres Franklin y Dora que me han apoyado siempre y consejos brindados y pilar fundamental en mi formación profesional, abuelitos, tíos, tías, que de una u otra manera han brindado su apoyo para poder lograr mis objetivos.

También a los docentes que impartieron sus conocimientos y guías en el transcurso de la carrera en mi formación académica, al tutor de la tesis Dr. Daniel Capa, que en base a sus consejos y ayuda brindada para la realización de esta tesis. Por último, muchas gracias a todos por ayudarme a poder lograr la meta y ser el profesional que me convertido.

Henry Daniel Campoverde Elizalde

Índice de contenidos

| | |
|--|--------------------------------------|
| Caratula | I |
| Aprobación del director del trabajo de titulación | II |
| Declaración de autoría y cesión de derechos..... | III |
| Declaración de autoría y cesión de derechos..... | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |
| Dedicatoria..... | V |
| Agradecimiento | VI |
| Índice de contenidos | VII |
| Resumen | 1 |
| Abstract..... | 2 |
| Introducción | 3 |
| Objetivos de la investigación..... | 5 |
| Capítulo uno (Marco teórico del cultivo de la lechuga (<i>lactuca sativa</i> l.)..... | 6 |
| 1.1. Cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.)..... | 6 |
| 1.2. Clasificación taxonómica..... | 6 |
| 1.3. Morfología..... | 6 |
| 1.4. Diversidad..... | 7 |
| 1.5. Condiciones agroclimáticas..... | 8 |
| 1.6. Siembra..... | 9 |
| 1.7. Distancia de siembra..... | 10 |
| 1.8. Trasplante..... | 10 |
| 1.9. Requerimientos de labores del cultivo..... | 10 |
| 1.10. Plagas, enfermedades y fisiopatías..... | 10 |

| | | |
|---------|---|-----------|
| 1.10.1. | <i>Plagas</i> | 10 |
| 1.10.2. | <i>Enfermedades producidas por hongos</i> | 11 |
| 1.10.3. | <i>Enfermedades producidas por virus</i> | 12 |
| 1.10.4. | <i>Fisiopatías</i> | 12 |
| 1.11. | Riego..... | 13 |
| 1.12. | Alternativas de rotación..... | 13 |
| 1.13. | Asociaciones con otros cultivos..... | 13 |
| 1.14. | Cosecha..... | 13 |
| 1.15. | Postcosecha..... | 14 |
| 1.16. | Valor nutritivo..... | 14 |
| 1.17. | Producción hidropónica..... | 15 |
| 1.18. | Sistemas de producción hidropónica..... | 16 |
| 1.18.1. | <i>Hidroponía vertical</i> | 16 |
| 1.19. | Bromatología..... | 16 |
| 1.19.1. | <i>Beneficios</i> | 17 |
| 2. | Capítulo dos (Materiales y métodos)..... | 18 |
| 2.1. | Área de estudio..... | 18 |
| 2.2. | Diseño experimental..... | 18 |
| 2.2.1. | <i>Producción hidropónica vertical</i> | 19 |
| 2.2.2. | <i>Composición de las soluciones hidropónicas</i> | 20 |
| 2.2.3. | <i>Producción en campo abierto</i> | 21 |
| 2.3. | Variables evaluadas..... | 21 |
| 2.3.1. | <i>Altura</i> | 21 |

| | | |
|--------|---|--------------------------------------|
| 2.3.2. | <i>Peso individual</i> | 22 |
| 2.3.3. | <i>Rendimiento</i> | 22 |
| 2.3.4. | <i>Análisis Bromatológico</i> | 22 |
| 2.3.5. | <i>Análisis económico, relación beneficio/costo (B/C)</i> | 23 |
| 2.3.6. | <i>Análisis estadísticos</i> | 23 |
| 3. | Capítulo tres (Resultados y discusión) | 24 |
| 3.1. | Evaluación de la altura de las plantas de lechuga variedad Patagonia en el sistema hidropónico y a campo abierto..... | 24 |
| 3.2. | Evaluación del peso de las plantas de lechuga variedad Patagonia en el sistema hidropónico y a campo abierto..... | 26 |
| 3.3. | Evaluación de la altura de las plantas de lechuga variedad Vero en el sistema hidropónico y a campo abierto..... | 28 |
| 3.4. | Evaluación del peso de las plantas de lechuga variedad Vero en el sistema hidropónico y a campo abierto..... | 30 |
| 3.5. | Características organolépticas. | 31 |
| 3.6. | Relación beneficio/costo (B/C) de los tratamientos evaluados..... | 34 |
| | Conclusiones | 36 |
| | Recomendaciones | 37 |
| | Bibliografía..... | 38 |
| | Apendicé..... | ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO. |

Índice de tablas

| | | |
|---------|--|----|
| Tabla 1 | Valores en la composición nutritiva en la lechuga (100 g por parte comestible) | 14 |
| Tabla 2 | Composición nutricional de la *solución A. | 20 |

| | |
|---|----|
| Tabla 3 Composición nutricional de la *solución B. | 20 |
| Tabla 4 Parámetros evaluados en el análisis bromatológico. | 22 |
| Tabla 5 Características organolépticas de las variedades de lechuga Patagonia y Vero en cada sistema hidropónico y convencional. | 32 |
| Tabla 6 Relación beneficio/costo en cada sistema hidropónico y convencional expresado en Kg/año en producción de lechuga. | 34 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 Sistema hidropónico vertical | 16 |
| Figura 2 Ubicación de la zona de estudio..... | 18 |
| Figura 3 Sistema de producción hidropónica vertical. | 19 |
| Figura 4 Sistema de producción convencional | 19 |
| Figura 5 Altura de plantas de Lactuca sativa L. variedad Patagonia en el sistema hidropónico frente al sistema convencional..... | 24 |
| Figura 6 Peso de plantas de Lactuca sativa variedad Patagonia, en el sistema hidropónico frente al sistema convencional | 27 |
| Figura 7 Altura de plantas de Lactuca sativa variedad Vero, en el sistema hidropónico frente al sistema convencional | 29 |
| Figura 8 Peso de plantas Lactuca sativa variedad Vero, en el sistema hidropónico frente al sistema convencional..... | 30 |
| Figura 9 Armado de la estructura del sistema hidroponico..... | 43 |
| Figura 10 Preparación de terreno..... | 43 |
| Figura 11 Siembra de plántulas de lechugas | 44 |
| Figura 12 Fertilización..... | 44 |
| Figura 13 Lechuga de 25 días..... | 44 |
| Figura 14 Lechugas a campo abierto..... | 45 |
| Figura 15 Listas para la cosecha..... | 45 |

Figura 16 Lechugas empacadas listas para ser comercializadas 45

Resumen

La producción de hortalizas es la principal actividad económica de los pequeños productores en el cantón Loja - Ecuador. En el presente estudio se evaluó la producción de lechuga (variedades Patagonia y Vero) bajo dos sistemas de producción: hidropónica y a campo abierto. El estudio se estableció en la Estación Agropecuaria de la Universidad Técnica Particular de Loja (EA UTPL). El sistema hidropónico utilizado fue el vertical, utilizando turba como sustrato; en el sistema de producción a campo abierto se establecieron 8 parcelas, de 8 m² cada una, con densidad de siembra de 0,50 x 0,50 m. Las variables evaluadas fueron: altura, peso, porcentaje de proteína y relación B/C. Los resultados demuestran diferencias significativas entre los sistemas de producción, el sistema que logró un mayor desempeño fue el hidropónico, especialmente con la variedad Vero, liderando los parámetros evaluados: altura 21,30 cm, peso 186,36 g, proteína 26,86%, frente al sistema productivo a campo abierto que alcanzó: altura 16,43 cm, peso 125,63 g, proteína 16,18%. La relación B/C, fue mayor en el sistema convencional, debido al costo de implementación del sistema hidropónico.

Palabras claves: hidroponía, campo abierto, lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Abstract

Vegetable production is the main economic activity of small producers in the canton of Loja - Ecuador. In the present study, the production of lettuce (varieties Patagonia, Vero) was evaluated under two production systems: hydroponic and open field. The study was established at the Agricultural Station of the Universidad Técnica Particular de Loja (EA UTPL). In the hydroponic system used, it was the vertical one with PVC tubes and a peat-based substrate; In the open field production system, 8 plots of 8 m² each were established, with a planting density of 0.50 x 0.50 m. The evaluated variables were: height, weight, protein percentage and the cost-benefit ratio. The results show a significant difference between the two production systems, the system that achieved the highest performance was hydroponic, especially with the Vero variety, leading the evaluated parameters: height 21.30 cm, weight 186.36 g, protein 26.86%, compared to the open field production system that I reach: height 16.43 cm, weight 125.63 g, protein 16.18%. The B/C ratio was higher in the conventional system, due to the cost of implementing the hydroponic system.

Keywords: hydroponics, open field, lettuce (*Lactuca sativa* L).

Introducción

Las hortalizas están consideradas dentro del mayor grupo de plantas, utilizadas en la alimentación diaria, se caracterizan principalmente por ser fuente de alto valor nutritivo, tanto para personas como para animales, estas aportan vitaminas, principalmente del grupo B y minerales (FAO, 2016).

La producción hortícola convencional se fundamenta en el uso de insumos químicos sintetizados, tales como los fertilizantes, hormonas de crecimiento, herbicidas, insecticidas, y maquinaria altamente especializada, con un paquete tecnológico llamado “Revolución Verde”, destacando el uso de semillas híbridas, con alto rendimiento productivo, las cuales requieren de altas dosis de fertilizantes y agua. Sin embargo, en la actualidad la producción convencional está siendo muy cuestionada por los múltiples efectos nocivos que produce a la salud, suelo, agua y medio ambiente en general (Zuñiga, 2014).

Uno de los principales problemas que ha provocado la agricultura convencional es la erosión del suelo, eliminando la capa fértil, la cual es rica en nutrientes y favorece al buen desarrollo de los cultivos; como consecuencia de este problema los productores han optado por abandonar los terrenos debido al gran costo de productividad y a la baja rentabilidad por la producción. Varios ecologistas señalan que la agricultura moderna ya es insostenible, debido a los problemas antes mencionados que está ocasionando (Salazar, 2002), por lo cual, es necesario la implementación de nuevos sistemas de producción, que sean menos agresivos con los recursos naturales, tales como los cultivos verticales hidropónicos.

El cultivo en huertos verticales son sistemas que permiten de manera innovadora cultivar plantas aromáticas, decorativas, hortalizas, optimizando espacios urbanos como balcones, azoteas terrazas, adaptándose a cualquier tipo de vivienda o en espacios pequeños, donde no se disponga de terreno para cultivar (Gómez, 2014). Los huertos verticales, además de producir alimentos de consumo personal, aumenta el contacto con la naturaleza, generando bienestar en las personas.

Las principales ventajas que presentan los cultivos verticales (hidropónicos) frente al convencional, son una mayor eficacia en la aplicación de nutrientes, uso más eficiente del agua, productos de buena calidad, mayor densidad de plantación, que nos conduce a un incremento de cosecha por área cultivada (Caffarena, 1982), al ser comparado con los sistemas de campo abierto.

Por lo antes expuesto, se plantea el presente proyecto en el que se evaluó la productividad de dos sistemas productivos, convencional versus hidropónico en el cultivo de lechuga con las variedades: Patagonia y Vero, con el fin de poder evaluar el mejor desarrollo de los dos sistemas y sea de base para optar el mejor sistema que reúna las características de mejor producción y económico.

Objetivos de la investigación

Objetivo General

Evaluar la eficiencia productiva y económica de los sistemas de producción vertical frente a los sistemas convencionales.

Objetivos Específicos

- Evaluar la productividad de los sistemas de producción verticales y convencionales.
- Analizar las características bromatológicas de los cultivos de cada sistema de producción evaluado (verticales y convencionales).
- Determinar la relación costo/beneficio de los dos sistemas de producción.

Capítulo uno

Marco teórico del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.)

1.1. Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Se cree que su origen fue en la región de medio oriente (Egipto e Irán) (Zohary, 1991), es considerada como la especie más importante del grupo de hortalizas de hojas que se consumen crudas en ensaladas (Fardous, 2007 ; Ramírez, 2007). Según la FAO (2016), los países con mayor rendimiento productivo de esta hortaliza fueron: China con 13.430.000 Tm y Estados Unidos con 4.070.780 Tm, en Latinoamérica los mayores productores fueron: México con 370.066 Tm y Chile con 101.559 Tm.

El Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC), estima que en Ecuador se cultivan 1.499 ha de lechuga, con un rendimiento productivo de 19.432 Tm. La provincia con la mayor producción es Pichincha, con 924 ha y producción de 15.575 Tm, Chimborazo con 232 ha, produce 1.905 Tm, Tungurahua está en tercer lugar con 116 ha y una producción de 1.030 Tm (INEC, 2016).

1.2. Clasificación taxonómica

Según (Terranova, 2001), describe la siguiente clasificación taxonómica con respecto a la lechuga:

- Reino: Vegetal
- Clase: Angiospermae
- Subclase: Dicotyledoneae
- Orden: Campanulales
- Familia: Compositae
- Género: *Lactuca*
- Especie: *sativa*
- Nombre científico: *Lactuca sativa* L.

1.3. Morfología

Raíz: Pivotante, la mayor parte se desarrolla en los primeros 25 cm, con ramificaciones finas y cortas, las cuales son encargadas de absorber los nutrientes para la

planta, el desarrollo de la raíz es muy rápido y además contiene abundante látex (Granval y Graviola, 1991).

Tallo: El tallo es pequeño, muy corto, cilíndrico y no se ramifica cuando la planta está en el estado óptimo de cosecha; sin embargo, cuando finaliza la etapa comercial, el tallo se alarga hasta 1,20 m de longitud, con ramificación del extremo y presencia, en cada punta, de las ramillas terminales de una inflorescencia (Valadez, 1997).

Hojas: Están colocadas en rosetas, desplegadas al principio (en la variedad romana sigue así durante todo su desarrollo), en otras variedades se acogollan en su desarrollo. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado (Granval y Graviola, 1991; Valadez, 1997).

Flores: Están agrupadas (inflorescencia), en racimos o corimbos, formados entre 10 a 25 floretes, el cual presenta pétalos periféricos ligulados, amarillos o blancos, rodeado por brácteas (Valadez, 1997).

1.4. Diversidad

Se puede estimar que existen unas 250 variedades de lechuga, y presentando diversas características en color (tonalidades, verde, rojo, púrpura) forma (algunas forman cabezas y otras de hoja), consistencia (rústicas como criollas y tiernas en las mantecosas) y hábitos de crecimiento, es muy frágil y se deteriora fácilmente a temperatura ambiente (Quiriban y Suárez, 2012).

En la actualidad se ha clasificado a las lechugas en tres tipos de acuerdo a como se desarrollan, tenemos de cabeza o repollo, con hojas grandes de color verde claro y con una buena demanda comercial, hoja suelta o crespas no forma repollo, son de color verde claro, crespas en sus bordes y se puede cosechar por hojas, sin necesidad de extraer la planta y, la romana hojas alargadas en color verde claro en la parte exterior y en su interior de color blanco y con cogollo suelto.

Según Montesdeoca (2009), en Ecuador se cultivan las siguientes variedades:

Dancig: Lechuga con una buena demanda comercial, rizada y pequeña con hojas resistentes y utilizadas para decoración en plato y arreglos.

Romana: Variedad con hojas grandes y alargadas, con un color verde intenso con buen sabor, fáciles de manipular y se dan en zonas cálidas.

Seda: Variedad con hojas finas y con un color verde amarillento muy delicada en el manejo se adapta en climas fríos y ténplanos y a los 80 a 90 días lista para consumo.

Crespa. Con hojas grande de color verde claro abiertas encrespadas, buen desarrollo muy uniformes, tallo aéreos y herbáceos.

Green Salad Bowl: Variedad con hojas de color verde claro, en forma crespa y cabeza compacta su ciclo de vida es de 90 días, y tolerante a temperaturas elevadas.

Lollo Rossa: Presentan hojas de color rojo oscuro, no forman cogollo su cosecha se la hace tomando hojas a medida que se va desarrollando o la planta entera y con ciclo de vida de 80 a 90 días.

Patagonia: Lechuga Iceberg de un color oscuro, planta de un vigor muy alto y buena formación de cabeza, redondeada su cosecha se hace a los 45 días fácil manipulación y muy comercial.

Vero: Lechuga con buena demanda comercial, con hojas bien conformadas de color verde claro y crespas, su cosecha se la hace a los 45 días y el peso promedio que alcanza es de 250 g, fácil de manipular, una versatilidad que se adapta en campo abierto e hidroponía, además de fácil adaptación en climas tropicales.

1.5. Condiciones agroclimáticas

Para el cultivo de la lechuga los climas favorables son templados y húmedos, las elevadas temperaturas son nocivas en el cultivo para el acogollado y floración de manera prematura (Pérez y María, 2007).

La temperatura para el desarrollo normal en la lechuga esta entre 12 a 24 °C, el excesivo frio hace que se produzca un enrojecimiento en las hojas. La elevada humedad origina una pudrición basal, por el hongo *Sclerotina* sp.; debido a los malos drenajes crean

un medio adecuado para la enfermedad (Ramírez, 2007). La humedad relativa para óptimo desarrollo de la lechuga es de 60 a 80%. Conductividad eléctrica soportando rangos de 1 a 2,3 ms/cm. La luminosidad puede darse entre de 12 a 14 horas debido a que es una planta anual y necesita media luz.

Los suelos deben ser ricos con una elevada cantidad de materia orgánica, con una textura franca, buen drenaje. En suelos humíferos, tiene un adecuado desarrollo, pero la superficie debe estar seca para evitar tener podredumbres en el cuello de la planta, pero, no admite sequías; en suelos demasiados ácidos es necesario encalar. El suelo más adecuado es con un pH de 6,7 – 7,4 (Pérez y María, 2007). En la preparación del terreno se debe cavarlo bien y luego incorporar materia orgánica, compost, estiércol o mantillo en cantidad de 3 kg/m² anualmente y eliminando malas hierbas que afecten el cultivo (Ramírez, 2007).

La lechuga es una planta que requiere gran cantidad de K, ya que en bajas temperaturas donde más requiere de este elemento al carecer del mismo tiende a absorber más magnesio. Al aplicar el N se debe tener en cuenta la cantidad necesaria 0,30 g/m² el primer mes y 0,50 g/m² al siguiente mes, ya que el exceso permite el desarrollo rápido de las hojas, suaves y se quiebran fácilmente no forman buenas cabezas y muy livianas. Se aplica un abonado de fondo de 8-15-15 (NPK) en cantidades de 50 g/m², en sistemas de riego que se da por gravedad se recomienda adicionar 10 g/m² de nitrato de amonio, si los suelos son ácidos una cantidad de 30 a 50 g/m² de nitrato de cal. La aplicación del abono orgánico se debe realizar 15 días antes de la siembra o en la última rastrillada, y fertilizante químico se lo aplica luego de trasplante (Ramírez, 2007).

1.6. Siembra

Las lechugas se las puede sembrar de forma directa, en el terreno donde se van a desarrollar; también se lo puede hacer en semilleros, previniendo plagas como caracoles, babosas y pájaros, por el tamaño de la semilla se suele cubrir con una fina capa de suelo o compost. La temperatura en los semilleros debe estar entre 15 a 24 °C y con un buen riego, la germinación se da entre los 7 a 10 días (Ott, 2009).

Se puede cultivar bajo invernadero, con otros métodos y diferentes procesos que se realizan en campo abierto. Se ha realizado diversos análisis comparativos de nutrientes que determinan que, las lechugas de invernadero tienen mayor contenido de nitratos debido al incremento de temperatura de la solución nutritiva y, mucho mejor que la de campo abierto ya que la calidad en los nutrientes en esta producción es menor. (Campesinos, 2010).

1.7. Distancia de siembra

La distancia que se puede sembrar en hileras separadas de 40 a 30 cm entre cada planta, con una densidad de siembra de 83.333 plantas/ha, la semilla debe ser enterrada a una profundidad de 0,5 cm; la cantidad de semilla a usar es de 0,2-0,4 g/m² (Boffelli y Guido, 2008).

1.8. Trasplante

Se debe tomar en cuenta el número de hojas, que por lo general son de 3 a 4, que estén bien formadas, y cada plántula con una altura de 8 a 10 cm, que se alcanza entre los 25 a 30 días después de la germinación. El trasplante se lo realiza en las primeras horas de la mañana, con suelo húmedo, evitando lesionar las hojas de la plántula y para que su sistema radicular tenga buena humedad y, en caso de ser necesario realizando labores de riego, controlando malezas y manejo de plagas (Noreña et al., 2014).

1.9. Requerimientos de labores del cultivo

El cultivo requiere de un buen deshierbe, aporque y arropo, durante los días que son muy soleados requiere sombra, además hay que tener un mayor cuidado en las temporadas frías que generalmente causan las heladas (Lesur, 2014).

1.10. Plagas, enfermedades y fisiopatías

El ataque de plagas y enfermedades limitan tener una buena producción de acuerdo a diversos factores que intervienen en su desarrollo, ya sea de las condiciones locales y ambientales donde se encuentran, mal manejo y no tener un control adecuado (Davis et al., 2002).

1.10.1. Plagas

Según Davis et al. (2002):

- **Trips** (*Thrips tabaco*), provoca daños directos, a través de sus picaduras, transmitiendo virus del bronceado del tomate causando necrosis en el follaje y luego mueren.
- **Pulgones** (*Myzus persicae*, *Narsonovia ribisnigri*), su ataque se da al momento de su etapa final de la lechuga transmitiendo virus, y al ser un ataque fuerte se puede generar pérdidas de cultivo.
- **Gusano ejército** (*Agrotis ípsilon*), atacan generalmente el cuello de las plantas jóvenes.
- **Gusano de alambre** (*Agrotis lineatus*), producen daños graves en las raíces, y permite la entrada de diversas enfermedades por hongos y es recomendable tratar al suelo previo a la siembra.
- **Mosca blanca** (*Trialeurodes vaporariorum*), produce clorosis foliar, reducción de las cabezas.
- **Minadores de hojas** (*Liriomyza* spp., *Liriomyza trifolii*), producen minas en las hojas y reducen la fotosíntesis de las plantas.
- **Mosca del cuello** (*Phorbia platura*), ataque de larvas que son producidas por dípteros, que hacen perder su valor comercial y se los puede tratar con Acefato.
- **Caracoles y babosas**, presencia de huellas brillantes en las hojas y huecos aleatorios en el follaje.
- **Nematodos**, provocan un desarrollo raquíptico en la planta y en las raíces o conocido nematodo de nudo que la raíz se atrofia, retrasa su crecimiento y formando agallas en las raíces.

1.10.2. Enfermedades producidas por hongos

Según Davis et al. (2002):

- **Mildiu** (*Bremia lactucae*), se presentan en forma de manchas en los nervios de las hojas y de color amarillo, que se recubren de un micelio de color gris en la cara inferiores de las hojas y pueden atacar también a hojas viejas o que tengan daños.
- **Oídio o polvillo** (*Erysiphe cichoracearum*), su presencia en la hoja es un micelio de color blanco que se desarrolla en condiciones de alta humedad y temperaturas medianas y causa perdida comercial del producto.
- **Moho blanco** (*Sclerotinia sclerotiorum*), podredumbre que se da en la base de la planta.
- **Podredumbre del cuello de la raíz** (*Rhizoctonia solani*) manchas de color marrón en las hojas inferiores en contacto con el suelo, presencia de micelio blanco en forma de telaraña y, marchitamiento y muerte de la planta.
- **Pudrición gris** (*Botritis cinerea*), se presenta como lesiones acuosas que se son visibles en las hojas o en la base del tallo.

1.10.3. Enfermedades producidas por virus

Según Davis et al. (2002):

- **Virus del mosaico** de la lechuga, se da en las hojas en forma de mosaicos de color verde entre oscuro y claro.
- **Virus del mosaico de pepino**, provoca raquitismo y amarillamiento en general en la planta.
- **Virus en las nerviaciones** gruesas en la lechuga, se presenta deformación en las hojas y un color amarillo de las nerviaciones y forma bultos.

1.10.4. Fisiopatías

- **Espigado o subida de la flor prematura:** se produce por el exceso de calor y N, humedad relativa deficiente e inestabilidad en el riego.
- **Tip burn:** en la lechuga, se presenta en las plantas jóvenes, en forma de quemaduras, debido al Ca se encuentra en deficiencia y altas temperaturas y baja humedad relativa y factores agronómicos el suelo muy salino. (Pérez y María, 2007)

1.11. Riego

La sequía causa problema en las lechugas, pero se debe tener la superficie seca para evitar podredumbre, en los sistemas de riego los mejores son los de por goteo y automáticos con programador. El riego debe realizarse diariamente y después de la plantación cada dos o tres días (en la primera semana), por lo general se riega en las mañanas o en las tardes, hay que evitar hacer esta labor en horas de calor, ya que pueden ocasionar amarillamiento en las hojas y estrés en la planta. (Ramírez, 2007)

La cantidad de agua que se consume dependerá de cada cultivo, para la lechuga de producción de hoja se necesita 300 mL/planta, en el ciclo productivo, la primera semana se le recomienda un riego de 1-2 L/m², ya en estado de 16-18 hojas riego de 4-8 L/m² y en la fase final del cultivo riego de 8-20 L/m². (Centro de Investigación Aplicada y Tecnología Agroalimentaria [CIATA], 1998).

1.12. Alternativas de rotación

Una buena práctica que se hace al cultivar distintas variedades de lechuga, es la rotación con especies de otras familias como quenopodiáceas (acelgas, espinacas), cucurbitáceas (pepino, calabacines), leguminosas (guisantes, habas), con lo que se podrá evitar las pérdidas por ataque de plagas y enfermedades, gracias a que se rompe el ciclo biológico de los insectos y enfermedades con esta labor (Campesinos, 2010).

1.13. Asociaciones con otros cultivos

La asociación de la lechuga con otros cultivos como ajo, berenjena, cebolla, col, fresa, rábano, tomate, zanahoria, pepino es muy conveniente, no interfiere en su desarrollo ni compite con otros cultivos y es muy rentable y beneficiosa en la producción, a excepción de cultivos de girasol y el hinojo y especies de la misma familia (Campesinos, 2010).

1.14. Cosecha

El periodo de la cosecha de acuerdo a los tipos de lechuga se da entre los 90 a 100 días, en las lechugas de cabeza, la cosecha se la realiza cuando la mayor parte de la

producción, cosechando una sola vez (López, 2001). Se le puede hacer de manera escalonada o contemporánea, tomando en cuenta por lo general las dimensiones de las hojas o dimensiones de las macollas. (Boffelli y Sirtori, 2006)

1.15. Postcosecha

En el periodo de postcosecha se debe tomar en cuenta diversos factores como, la calidad de conservación de productos, un ambiente adecuado para promover la conservación y calidad en los productos, empacados, tiempos de almacenaje del producto, transporte entre otros. Por otra parte, la calidad se puede ver afectada por factores intrínsecos como variedad, tamaño, estado de maduración y factores extrínsecos como humedad, temperatura, procesamiento y volumen envasado. (Chiesa, 2010)

La lechuga es propensa a sufrir diversos daños mecánicos decaimiento, oscurecimiento del tallo, decoloraciones no deseadas por causas fisiológicas, por concentraciones altas de CO₂ y bajas concentraciones de O₂, o daños por congelación. Otro factor que afecta en la postcosecha de los productos es la temperatura, para el almacenamiento la lechuga se ocupa una temperatura de 0-5 °C, con lo que se reduce la respiración y transpiración, con lo que se puede mantener la calidad por 3 semanas, los cambios por postcosecha no pueden ser detenidos, pero si pausarlos de cuerdo a ciertos límites. (Quintero et al., 2000)

1.16. Valor nutritivo

La lechuga está constituida por agua en una gran cantidad, permitiéndole dar una coloración vigorosa y más vistosa, en hidratos de carbono la cantidad es menor, lo que se destaca en la composición es las vitaminas folatos, pro vitaminas beta carotenos y vitaminas E y C. (López, 2001)

Tabla 1

Valores en la composición nutritiva en la lechuga (100 g por parte comestible)

| Valor | Unidad | Lechuga |
|-------|--------|---------|
| Agua | (%) | 94,30 |

| | | |
|----------------------|------------|-------|
| Proteína | (g) | 1,80 |
| Grasas | (g) | 0,40 |
| Azucares disponibles | (g) | 2,20 |
| Hierro | (mg) | 0,80 |
| Calcio | (mg) | 45,00 |
| Fósforo | (mg) | 31,00 |
| Vitamina B1 | (mg) | 0,05 |
| Vitamina B2 | (mg) | 0,18 |
| Vitamina B3 | (mg) | 0,70 |
| Vitamina A | (μ g) | 229 |
| Vitamina C | (mg) | 6,00 |
| Valor Energético | (Kcal) | 19,00 |

Nota. ^aBoffelli y Sirtori (2006)

1.17. Producción hidropónica

La hidroponía es el conjunto de técnicas y métodos de producción sin utilizar el suelo, este sistema se fundamenta en proporcionar los nutrientes que requiere las distintas especies vegetales, por medio de soluciones nutritivas minerales que son disueltas en agua, y la planta las absorbe por medio de su sistema radicular, además, en la hidroponía también podemos cultivar con sustratos inertes, los más utilizados son: perlita, fibra de coco, turba, grava. (Gavilán, 2004; Jones, 1985; Sheikh, 2006; Zamanipour et al., 2019)

El cultivo de las plantas sin suelo se ha desarrollado a partir de las primeras experiencias para determinar qué sustancias hacen crecer a las plantas. Los jardines colgantes de Babilonia, los de los Aztecas en México y los de China Imperial son unos de los primeros ejemplos de cultivos hidropónicos en el mundo. (Resh, 1997)

Ventajas:

- Cultivos limpios, libres de agroquímicos.
- Ahorro de agua y fertilizantes.
- Automatización de los sistemas de producción.
- Optimización de espacios.
- Altos rendimientos de producción.

- Mayor número de plantas por metro cuadrado.

Desventajas:

- Elevado costo inicial.
- Requiere que el agua sea de buena calidad.
- Desarrollo de algas en las raíces, especialmente en las hortalizas de hojas.
- Se debe tener conocimiento para el manejo.

(Beltrano y Giménez, 2015).

1.18. Sistemas de producción hidropónica

1.18.1. Hidroponía vertical

Este sistema de producción representa una forma de cultivar aprovechando los espacios que tenemos en nuestras casas, fincas, colegios, escuelas, etc., su funcionamiento es muy similar al aeropónico, con la diferencia de que en este se utiliza sustrato, este sistema es muy útil y favorable para la producción de hortalizas de manera especial en zonas urbanas, donde se tiene pocos espacios para la producción de hortalizas. (Keith, 2003)

Figura 1

Sistema hidropónico vertical



Nota. Producción vertical del cultivo de lechuga.

1.19. Bromatología

Proviene del griego bromatos: alimentos y logia: estudio, es la ciencia aplicada y multidisciplinar, que se encarga del estudio de los alimentos desde todos los puntos de vista posibles: composición, estructura, función, valor nutritivo, características higiénico-sanitarias,

calidad, alteraciones, conservación. Incluye diferentes disciplinas relacionadas con los alimentos como: tecnología alimentaria, higiene y toxicología análisis y control, legislación alimentaria, antropología de la alimentación etc. La información que obtenemos por medio de la bromatología es fundamental para garantizar alimentos sanos, nutritivos y agradables al consumidor. (Kuklinsky, 2003)

1.19.1. Beneficios

- Valoración de las propiedades nutricionales y composición de alimentos naturales, procesados y sus posibles adulteraciones.
- Análisis químico del contenido cuantitativo de glúcidos, lípidos, proteínas, minerales, vitaminas, etc.
- Reglamentación técnica del expendio sanitario de alimentos, así como la producción industrial, seriación y transporte.
- Fijar reglas a los procedimientos de elaboración y conservación, con la finalidad que los alimentos se conserven y obtengan sus valores nutritivos óptimos.

Capítulo dos

Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

El estudio se realizó en la provincia de Loja – Ecuador, en la Estación Agropecuaria de la Universidad Técnica Particular de Loja (EA UTPL), ubicada en el sector Cajanuma, cantón Loja, a 9 km de la ciudad, con coordenadas X: -4,0887 Y: -79,2082 (Google Maps, 2020) (Figura 2). A una altitud aproximada de 2.230 m s.n.m. Temperatura promedio de 16 °C y una precipitación media de 780 mm/m² según datos de la estación meteorológica “La Argelia” (2020).

Figura 2

Ubicación de la zona de estudio.

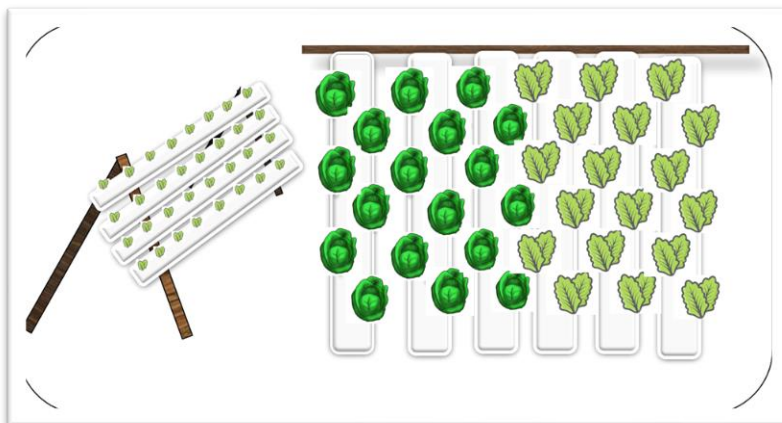


2.2. Diseño experimental

Se evaluaron dos sistemas productivos: hidropónico vertical (figura 3) frente al convencional (figura 4), en cada sistema se sembró dos variedades de lechugas: Patagonia y Vero, considerando a cada lechuga como una unidad experimental.

Figura 3

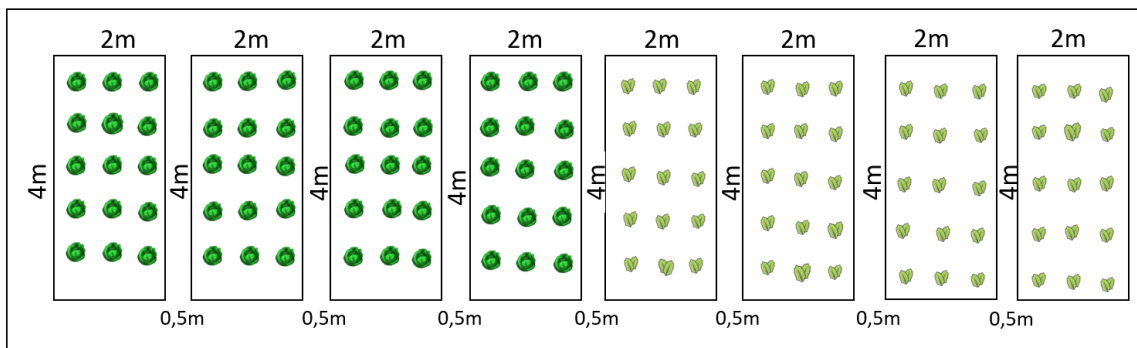
Sistema de producción hidropónica vertical.



Nota. Distribución del cultivo de las lechugas en el sistema hidropónico, variedades Patagonia y Vero, en la estación Agropecuaria UTPL.

Figura 3

Sistema de producción convencional



Nota. Distribución del cultivo de las lechugas en producción convencional a campo abierto variedades Patagonia y Vero, en la estación Agropecuaria UTPL.

2.2.1. Producción hidropónica vertical

Se utilizó el modelo creado por Blanc diseñado en 1988, que es un sistema en el cual las raíces se desarrollan en sustrato y disponen de un sistema de riego automatizado. (Reyes, 2016)

Se procedió al llenado de 12 tubos de PVC de 3 pulgadas, en cada tubo se realizó perforaciones cada 21 cm con una broca de 44 mm, obteniendo un total de 15 hoyos por tubo,

estos se llenaron con turba como sustrato, en cada hoyo se colocó una planta, dando un total de 180 plántulas y, en tubos verticales (total 6) con 7 plantas en cada uno, dando un total de 42 plántulas. El total de plantas en este sistema fue de 222.

El sistema de riego utilizado fue por goteo, donde constaban en cada hoyo de los tubos un emisor, que regó en todo el periodo a cada planta, el riego estaba dado a través de un tanque de 200 L, que con ayuda de una bomba permitía que el agua llegue a cada planta, en el mismo tanque se le adicionaba las soluciones nutritivas A y B en contenido de 500 mL de solución A y 300 mL de solución B, de acuerdo a la dosis establecida: solución A 50 mL por cada 20 L de agua y solución B 30 mL por cada 20 L de agua.

No se aplicó medidas fitosanitarias, ya que este sistema no se contaminó.

2.2.2. Composición de las soluciones hidropónicas

En la tabla 2 se puede observar la composición de macro y micro nutrientes de las soluciones nutritivas hidropónica A y B:

Tabla 2

Composición nutricional de la *solución A.

| | | |
|----------------------|------------------------------------|--|
| Fosfato Mono amónico | $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ | 12-61-0 |
| Nitrato de calcio | $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ | N (15,50%) + CaO (26,5%) |
| Nitrato de potasio | KNO_3 | N (13,5%) + K_2O (45%) |

Nota. *Solución A 50 ml por cada 20 litros de agua.

Tabla 3

Composición nutricional de la *solución B.

| | | |
|----------------------|-------------------------|-------|
| Sulfato ferrosol | FeSO_4 | 46% |
| Sulfato de manganeso | MnSO_4 | 85% |
| Sulfato de magnesio | MgSO_4 | 99,5% |
| Ácido bórico | H_3BO_3 | 99% |
| Sulfato de cobre | CuSO_4 | 98% |

Nota. *Solución B 30 ml por cada 20 litros de agua.

2.2.3. Producción en campo abierto

Se establecieron 8 parcelas, con un área de 8 m² cada una, la densidad de siembra utilizada fue de 0,50 x 0,50 m entre hilera y planta, obteniendo 32 plantas por parcela (256 plantas en total).

La preparación del suelo se lo hizo con rastra de tractor agrícola, removiendo el suelo a una profundidad de 20 cm. El trasplante se lo realizó cuando las plántulas constaban de 3 a 4 hojas con un promedio de largo de 6 a 7 cm de cada planta, se sembró 4 parcelas para lechuga de repollo (Patagonia) y 4 de lechuga de hoja (Vero). La fertilización de estas parcelas se basó en la aplicación de abono orgánico (Bio-compost) 15 días antes de la siembra, 8 días después del trasplante se aplicó 2 g de 10-30-10/planta; a la tercera semana se aplicó 4 g de sulfato de amonio/planta, y a la octava semana se aplicó 6 g/planta de 12-36-12.

El deshierbe durante toda la producción se lo hizo de forma manual, con ayuda de palas, de manera similar al aporque, lo que permite un buen desarrollo y formación de repollos. No se realizó controles fitosanitarios, ya que no hubo incidencia grave de plagas y enfermedades.

El riego fue aplicado teniendo en cuenta el requerimiento hídrico del cultivo, que es de 250-300 mm/ciclo, se administró la cantidad de agua necesaria para el buen desarrollo del cultivo, a pesar de que las parcelas cuentan con un sistema de riego por aspersión, este se utilizó en pocas ocasiones, debido a que en esta temporada la presencia de lluvias fue constante.

La cosecha se realizó al momento que las plantas alcanzaron su máximo desarrollo, entre los 60 a 70 días después del trasplante, verificando la consistencia y dureza del repollo de la variedad Patagonia, y Vero, que las hojas estén bien vigorosas y color verde intenso.

2.3. Variables evaluadas

2.3.1. Altura

Medida con flexómetro, con el cual se procedió a tomar el dato desde la base de la planta hasta el extremo superior de la misma, se registraron varias medidas, de las cuales se obtuvo la altura promedio, los datos se tomaron semanalmente, esto se efectuó en los dos sistemas de producción. (Benavides et al., 2010)

2.3.2. *Peso individual*

Se calculó al momento de la cosecha, se pesó las lechugas cosechadas, se registraron los pesos individuales, para mayor precisión se utilizó una balanza analítica, las unidades se expresaron en g/planta. (Bravo et al., 2009)

2.3.3. *Rendimiento*

Esta variable se evaluó multiplicando el peso individual de una muestra promedio representativa de lechugas de cada sistema, por el total de plantas que se produjeron. (Álvarez y Lasso, 2011)

2.3.4. *Análisis Bromatológico*

Este parámetro fue realizado por la Agencia de Regulación Fito y Zoonosanitario (Agrocalidad), la cual recomienda que la cantidad de muestra debe ser de 150 a 200 g. La muestra fue tomada siguiendo los protocolos establecidos por Agrocalidad, con guantes y tijeras desinfectadas se cortó la lechuga, con el fin de evitar posibles alteraciones en los resultados, posterior se las colocó en fundas ziploc con su respectiva identificación para su envío al laboratorio. (Agrocalidad, 2014)

Tabla 4

Parámetros evaluados en el análisis bromatológico.

| Tipo de análisis: | Método empleado: |
|---|---|
| Determinación de proteína | Kjeldahl |
| Determinación de minerales: Calcio (Ca) Magnesio (Mg) | Espectrofotometría de absorción atómica |

| | |
|-------------|--|
| Potasio (K) | |
| Cobre (Cu) | |

Nota. Parámetros evaluados en el cultivo de lechuga tomando en cuenta la producción hidropónica y campo abierto en las dos variedades Patagonia y Vero, con el método empleado.

2.3.5. Análisis económico, relación beneficio/costo (B/C)

Para llevar la contabilidad de todo el proceso de producción de hortalizas en los dos sistemas, se registraron todos los costos o egresos de cada sistema: En el sistema hidropónico se registraron insumos y materiales como: turba, tubos PVC de 3 pulgadas y 6 pulgadas, clavos, listones, tapones para tubos, soluciones hidropónicas, plántulas, temporizador, bomba, cables de luz, break, toma corriente, cinta aislante, manguera de goteo, emisores de goteo, cortadora de 1 pulgada, acoples para la instalación del sistema de riego y fundas para la comercialización entre otros. En la producción convencional: plántulas, fertilizantes, jornales para la preparación del terreno, siembra, deshierbe, aplicación de fertilizantes, kit de herramientas agrícolas y fundas para la comercialización. Los ingresos fueron registrados cuando se realizó la venta de las lechugas.

Con estos datos se realizó el análisis económico, para lo cual se utilizó la fórmula del coeficiente $B/C > 1$, que indica que, si los beneficios superan los costos, el proyecto debe ser considerado como exitoso a nivel económico. (Chain, 2001)

2.3.6. Análisis estadísticos

Para ver si existieron diferencias estadísticas significativas en las variables evaluadas entre los dos sistemas de producción y las dos variedades de lechuga, se realizó pruebas de normalidad, y al ver que los datos no presentaron distribución normal se aplicó la prueba no paramétrica Kruskal Wallis, utilizando el software estadístico SPSS 24.0.

Capítulo tres

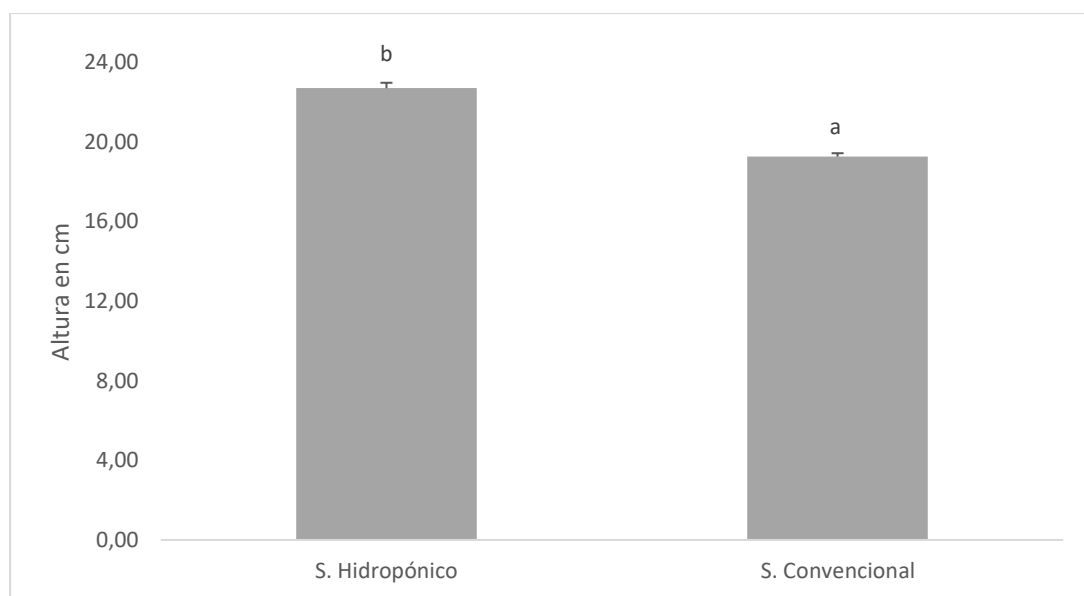
Resultados y discusión

1.20. Evaluación de la altura de las plantas de lechuga variedad Patagonia en el sistema hidropónico y a campo abierto

De acuerdo a los resultados obtenidos, la altura en la variedad Patagonia (figura 5), mostró que el sistema hidropónico logró una altura superior frente a la de campo abierto con 3,44 cm, mostrando diferencia estadística significativa entre ellas.

Figura 4

Altura de plantas de Lactuca sativa L. variedad Patagonia en el sistema hidropónico frente al sistema convencional.



Nota. Las columnas representan el dato medio de altura de las lechugas, las barras superiores el error estándar y letras minúsculas muestran diferencia estadística significativa entre sistemas ($p < 0,05$).

Los resultados en esta variable son más favorables en el sistema hidropónico, lo que hace pensar que la aplicación de este tipo de tecnología contribuyó a lograr mayores alturas en este cultivo y variedad (Patagonia), comparando con el sistema convencional o a campo abierto. Al contrastar estos resultados del sistema hidropónico con el estudio en un sistema hidropónico similar, realizado por Guerrero et al. (2014), en el que evalúan sustratos combinados a base de cascarilla de arroz 70% - fibra de coco 30%, ellos logran un menor

desarrollo en la lechuga variedad Batavia, variedad similar en desarrollo a la Patagonia, obteniendo una altura 14,28 cm, lo cual puede ser debido a las ventajas del sustrato utilizado en el sistema hidropónico aquí utilizado, tales como: buena retención de nutrientes, lo que además permite una buena circulación de aire, facilidad de extracción de agua y nutrientes por partes de las raíces, lo que ayudaría a lograr mayor altura de la planta.

En otra investigación realizada por Arcos et al. (2011), en un sistema de producción de invernadero, en el que evalúan la producción con dos sustratos (granzón de arena y ladrillo molido), el sustrato que presentó mayor producción con la variedad de lechuga Coolguard, fue el ladrillo molido, obteniendo una altura de 18,46 cm, atribuyendo este resultado no solo al sustrato a base de ladrillo molido que proporciona condiciones adecuadas de aireación, retención de humedad y algo de nutrientes, sino también, al sistema de protección bajo invernadero, con lo cual se garantiza mejores condiciones para el crecimiento de las plantas, lo que hace pensar que el cultivo de lechuga con la aplicación de sustratos y estos sistemas cubiertos y más aún combinados con hidroponía, ayudan a mejorar el desarrollo de los cultivos, frente al sembrarlos en suelo directamente a campo abierto.

Como ya se lo conoce, los sustratos actúan como reserva de nutrientes (Guerrero et al., 2014), lo cual influirá directamente en el crecimiento de las plantas, sin embargo, además de dotar con buenos sustrato a los cultivos, también es muy importante la forma de suministrar los nutrientes (Favela Chavez et al., 2006), estos en primer lugar deben ser en cantidad suficiente y acorde a las necesidades de cada cultivo, lo que garantizará un desarrollo apropiado de las plantas, por lo que las dosificaciones sea de soluciones nutritivas en el sistema hidropónico o de un plan adecuado de fertilización en campo abierto, ayudarán a una mayor producción de los cultivos.

En el sistema de campo abierto, se puede decir que los resultados han sido satisfactorios, aunque menores frente al sistema hidropónico. Al comparar los resultados con otros trabajos como el de Fernández y Murillo (2005), en el que obtienen una altura de 20,5 cm, con la variedad Grandes Lagos 118, variedad muy similar en desarrollo a la de este trabajo (19,26 cm). Cabe mencionar que la ganancia de altura de un cultivo está muy

relacionada con el manejo que se le dé al cultivo (todas las labores culturales), además de sus condiciones de clima y suelo, esto determinará o no un éxito en el desarrollo del cultivo. (Cruz, 2016)

En otro estudio realizado por Barreno (2019) en campo abierto, él logra alturas menores (15,25 cm), la cual es inferior a la de este trabajo en el cultivo a campo abierto y, prácticamente dando manejos similares, por lo que se constata que las condiciones edafoclimáticas estarían influyendo en la altura del cultivo; cabe comentar que de la experiencia en este trabajo, los climas templados y suelos con buen contenido de materia orgánica, son clave para que un cultivo se desarrolle correctamente, y en este caso, el cultivo tuvo estas condiciones adecuadas en la EA UTPL.

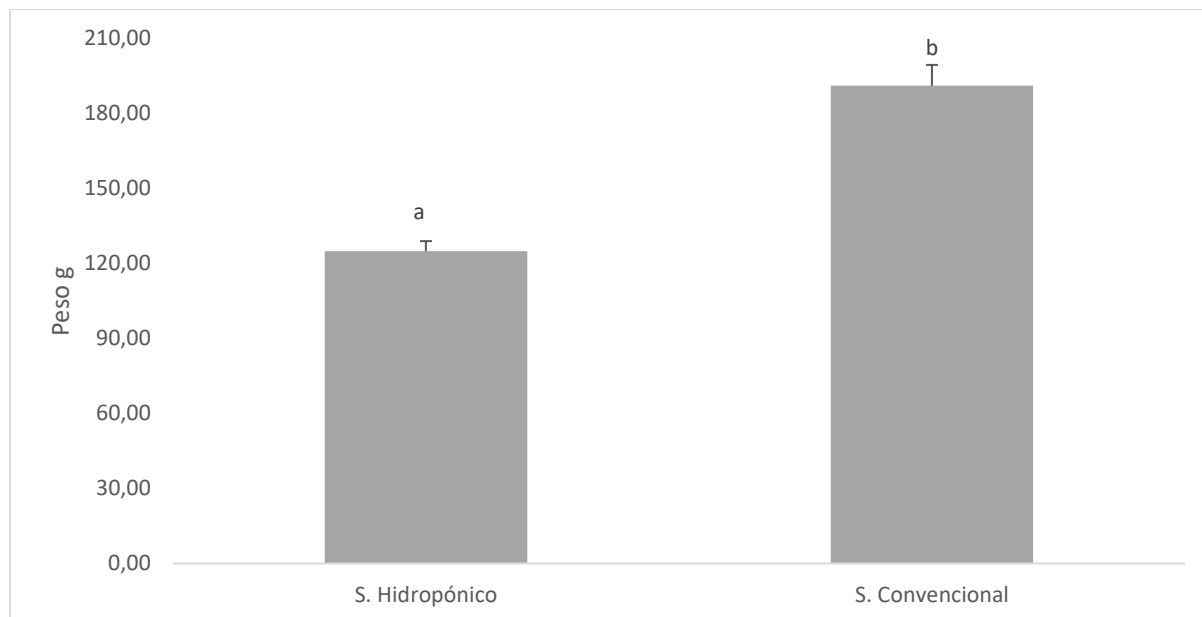
Un correcto manejo del cultivo desde su inicio (buena semilla, correctos sustratos y nutrición, riegos adecuados, control de plagas y enfermedades, entre otros), contribuyen para una buena productividad de los cultivos. En esta investigación se ha realizado un minucioso seguimiento y manejo de los sistemas de producción evaluados según correspondía, realizando actividades como: inspeccionar que el sistema hidropónico funcione sin defectos, verificar que el agua este limpia, aplicación en cantidad correcta de las soluciones A y B en el sistema hidropónico, así también, evaluando y registrando semanalmente la altura de las plantas, controlando la presencia de plagas, programando el riego y aplicación de nutrientes para que estos sean suministrados en óptimas condiciones.

1.21. Evaluación del peso de las plantas de lechuga variedad Patagonia en el sistema hidropónico y a campo abierto

A continuación, se exponen los resultados obtenidos del peso en la lechuga variedad Patagonia, tanto el sistema hidropónico como a campo abierto (figura 6), observamos que en campo abierto logró un peso mayor frente al sistema hidropónico, mostrando diferencia estadística significativa entre ellas, y superándola el sistema de campo abierto con 66,23 g a los pesos del sistema hidropónico.

Figura 5

Peso de plantas de Lactuca sativa variedad Patagonia, en el sistema hidropónico frente al sistema convencional



Nota. Las columnas representan el dato medio del peso de las lechugas, las barras superiores el error estándar y letras minúsculas muestran diferencia estadística significativa entre sistemas ($p < 0,05$).

En la variable peso, el sistema convencional es superior al sistema hidropónico, no estando en relación directa con la variable de altura, esta superioridad en peso en el sistema a campo abierto, puede estar directamente influenciada por los periodos de cosecha, ya que en el sistema hidropónico la cosecha se la realizó a los 45 días después de trasplante, mientras, en campo abierto fue cosechada entre los 60 a 70 días después del trasplante, por lo que este mayor tiempo en la cosecha, habría influenciado positivamente en un mayor peso de las lechugas de este sistema (campo abierto). Cabe recordar que esta variable se la registró al momento de la cosecha.

Comparando los resultados obtenidos de este trabajo en las parcelas campo abierto, con los resultados del sistema de producción convencional del trabajo de Fernández y Murillo (2005) y de Barreno (2009), ellos indican promedios 151,60 g y de 157,75 g respectivamente; en sus trabajos recalcan el uso combinado de fertilizantes químicos, además de un riego más tecnificado y controlado, sin embargo, los resultados presentados en este trabajo son

superiores (figura 6), lo cual puede deberse al manejo propio dado a cada cultivo y a las condiciones de clima en cada lugar de estudio.

En cuanto a la producción hidropónica, los resultados obtenidos los podemos considerar bajos, más si los comparamos con el trabajo realizado por Guerrero et al. (2014), en el cual la producción hidropónica de lechuga alcanzó pesos de entre 218,85 a 235,25 g, pero con la variedad Batavia, las diferencias podrían deberse a que ellos utilizan diferentes sustratos, como fibra de coco 30% con cascarilla de arroz 70%, estos poseen particularidades como: aireación retención de agua y nutrientes, además permiten buena filtración de agua evitando la presencia de algas, que pueden perjudicar a la planta. Por otra parte, la fenología de la variedad Bativa, presenta mejores condiciones de desarrollo en los sistemas hidropónicos, lo que también estaría marcando estas diferencias superiores en peso.

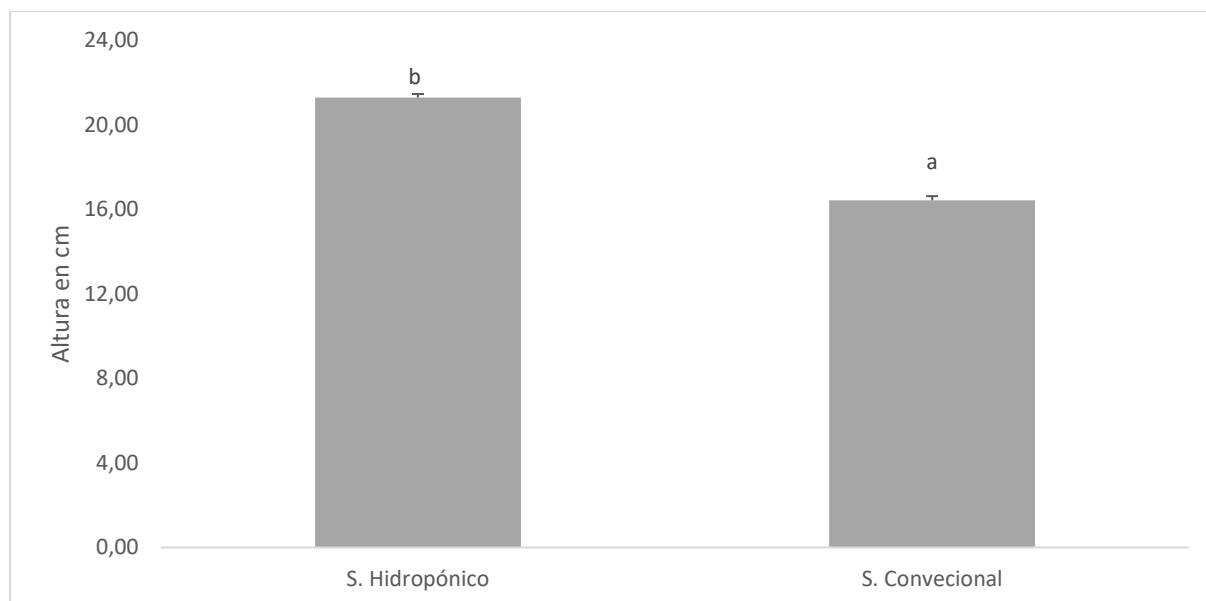
En otro estudio elaborado por Arcos et al. (2011), con las mismas condiciones mencionadas anteriormente, también obtiene mejores rendimientos productivos, logrando pesos en lechugas hidropónicas de 529,85 g, datos muy superiores a los de este trabajo. Los autores comentan que el sustrato y cantidad de fertilizante utilizados, les habría proporcionaron mejores condiciones de desarrollo en la raíz y la parte aérea, como la adecuada aeración, disponibilidad de nutrientes y aire, lo cual aporta un desarrollo y producción muy eficaz en las plantas de lechuga. En este caso, como ya se comentó antes, se usó turba como base, pero, posiblemente esta no estaría produciendo tantos beneficios como una combinación de sustratos, como lo han hecho los autores aquí mencionados.

1.22. Evaluación de la altura de las plantas de lechuga variedad Vero en el sistema hidropónico y a campo abierto

A continuación, se muestran los resultados de altura en la variedad de lechuga Vero tanto del sistema hidropónico como a campo abierto (figura 7), se observa que el sistema hidropónico logró una altura mayor a la de campo abierto, mostrando diferencias estadísticas significativas, con una diferencia en altura de 4,87 cm entre los dos sistemas.

Figura 6

Altura de plantas de Lactuca sativa variedad Vero, en el sistema hidropónico frente al sistema convencional.



Nota. Las columnas representan el dato medio de altura de las lechugas, las barras superiores el error estándar y letras minúsculas muestran diferencia estadística significativa entre sistemas ($p < 0,05$).

Al comparar estos datos del sistema hidropónico con los del estudio realizado por Reyes et al. (2019), los del presente estudio son mayores, los autores exponen alturas de 18,86 cm, indicando que ellos utilizaron como sustratos una mezcla de turba negra 70% más fibra de coco 30%, esto debido a que, al combinar diferentes sustratos están mejorando sus propiedades, como la aireación, capacidad de retención del agua y cantidad de nutrientes, lo cual en muchos casos influye directamente en el desarrollo de la altura de planta, lo cual coincide a los resultados mostrados en este trabajo, debido a que los sustratos solos o en combinación aportan a mejorar el desarrollo de las plantas de lechuga, frente a sembrarlas a suelo directamente.

Comparando los resultados a campo abierto de este estudio con el trabajo de Intipampa (2014), donde obtienen una altura de 21,29 cm a 23,23 cm en variedad Grand Rapids "Topseed" en la comunidad de Bolinda y de 25,55 a 27,13 cm en la variedad Waldmann's Green en la comunidad de Santa Fe, la altura reportada por ellos es muy

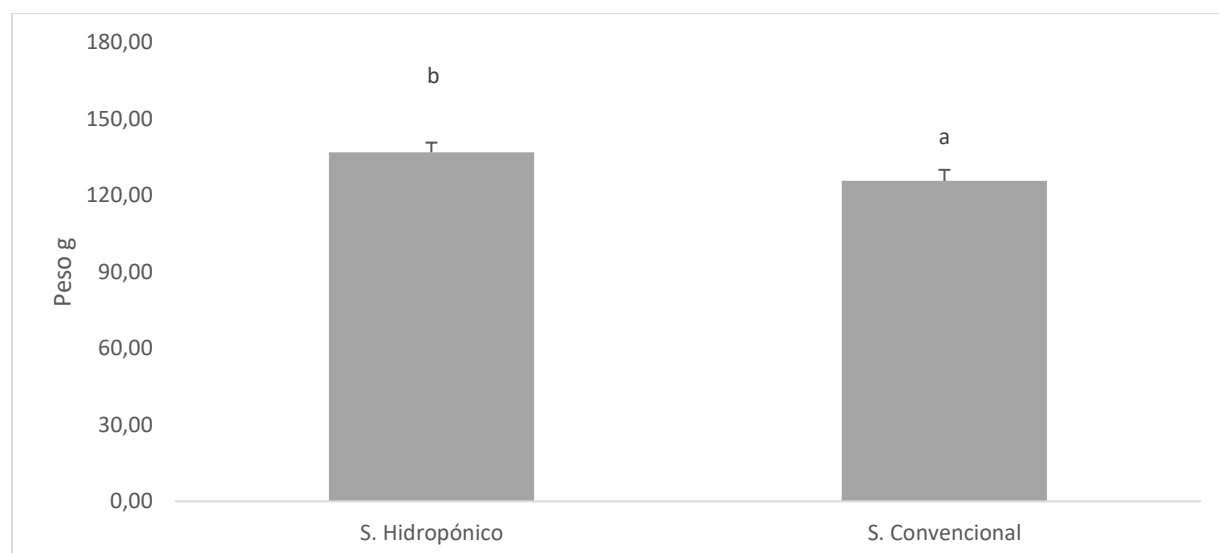
superior a la expuesta aquí (figura 10), las diferencias podrían deberse a las características climáticas de cada lugar y a las características propias de cada variedad, que si bien son muy semejantes en cuanto a su fenología, siempre suelen distinguirse por algún factor. En el trabajo de García (2017), la producción está muy relacionada con los datos obtenidos aquí (figura 7), cabe mencionar que él usó para la siembra de sus cultivos dos tratamientos: 1) tierra y sustrato, consiguiendo alturas de 18,38 cm, y 2) tierra y arena con altura de 16,57 cm.

1.23. Evaluación del peso de las plantas de lechuga variedad Vero en el sistema hidropónico y a campo abierto

En la figura 8 se muestra los resultados para la variable peso en la variedad Vero, mostrando diferencias significativas entre los dos sistemas productivos, observándose que obtiene mayores pesos las lechugas producidas en el sistema hidropónico, con una diferencia de 11,23 g.

Figura 7

Peso de plantas Lactuca sativa variedad Vero, en el sistema hidropónico frente al sistema convencional.



Nota. Las columnas representan el dato medio del peso de las lechugas, las barras superiores el error estándar y letras minúsculas muestran diferencia estadística significativa entre sistemas ($p < 0,05$).

En la variable de peso del sistema hidropónico, comparando con el trabajo realizado por Cajo (2016), se puede apreciar que el autor obtiene un peso superior con 154,44 g, esta diferencia puede deberse a que Cajo utilizó tres diferentes tipos de soluciones nutritivas hidropónicas, mientras que en este trabajo solo se usó dos, lo cual podría estar contribuyendo al cultivo con una mejor nutrición y desarrollo, logrando mayores pesos y producciones.

En otro trabajo de Cajo (2016), con la variedad de lechuga Salad Bowl, sus resultados son mayores (212,3 g) a este trabajo, comentando que solo usó una solución nutritiva, y por otra parte, también afirma que obtuvo un peso menor en la lechuga Crespa con 96,1 g pero utilizando otra solución nutritiva de la que usó en la lechuga Salad Bowl, la cual indica que no le generó un adecuado desarrollo, por lo que se ve según los datos de Cajo, que las soluciones nutritivas estarían muy relacionadas con un desarrollo adecuado o no de los cultivos hidropónicos.

En la producción convencional se obtuvo resultados inferiores al ser comparados con los de Ferdowsy (2013), en el que obtienen pesos de 284,50 g, la diferencia del trabajo de ellos frente a este, es que ellos realizaron aplicaciones de vermicompost, atribuyendo que esto mejoró las condiciones del suelo, y por lo tanto una mejor absorción de nutrientes a la planta, lo cual es un factor fundamental para el desarrollo del cultivo, cabe indicar que en este trabajo se aplicó biocompost en dosis bajas, pero al parecer esto no ayudó a esta variedad de lechuga logre una ganancia de peso mayor. Por otra parte, García (2017) consiguió pesos de 64,66 g en su cultivo de lechuga, de acuerdo a los 3 tratamientos utilizados, con tierra del lugar, con turba y desinfectando con formol al 3% con promedio bajo que no logró un adecuado peso en las lechugas.

1.24. Características organolépticas

La tabla 5 presenta los resultados de las características organolépticas de las dos variedades de lechuga y de los dos sistemas de producción (tratamientos evaluados), teniendo una variación en algunas características.

En cuanto a proteína se puede apreciar que la variedad Patagonia y Vero cultivada en sistema hidropónico presentan mayores porcentajes, lo mismo ocurre con el calcio, indicando que los sistemas hidropónicos están suministrando cantidades adecuadas de nutrimentos para el desarrollo de los cultivos producidos por esta modalidad.

En lo que respecta a magnesio, los mayores resultados los tiene la variedad Vero en sistema hidropónico, que al ser comparadas con la variedad Patagonia en hidropónica y las mismas variedades en campo abierto, aunque cabe indicar que las diferencias son mínimas. En cuanto al porcentaje de potasio la variedad Patagonia cultivada a campo abierto es la que muestra los mayores valores, aunque también, la diferencia es mínima al compararla con los otros tratamientos.

Tabla 5

Características organolépticas de las variedades de lechuga Patagonia y Vero en cada sistema hidropónico y convencional.

| Tipos de producción | Proteína (%) | Calcio (%) | Magnesio (%) | Potasio (%) | Cobre (mg/Kg) |
|----------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------------|----------------------|
| S. Hidropónico Patagonia | 22,00 | 0,52 | 0,09 | 23,86 | <0,05 |
| S. Convencional Vero | 21,45 | 0,35 | 0,13 | 23,14 | <0,05 |
| S. Convencional Patagonia | 16,18 | 0,32 | 0,11 | 25,01 | <0,05 |
| S. Hidropónico Vero | 26,86 | 0,67 | 0,21 | 22,47 | <0,05 |

Los valores de proteína de este trabajo se aproximan al trabajo de Espinosa (2019), realizado en la parroquia de Vilcabamba (Loja), en el que cultivo lechuga bajo un sistema hidropónico NTF y a raíz flotante, el autor en sus resultados muestra porcentajes de proteína de 28 y 25% respectivamente. Las posibles diferencias entre estos valores, podría deberse a que los sistemas en los que el trabajo, no usó sustratos sólidos, sino, recirculación de agua más soluciones nutritivas, lo que podría haber mejorado los porcentajes de proteína en sus cultivos al recibir una administración de nutrientes directos, cabe recordar que, en los

sistemas hidropónicos de este trabajo se usó sustratos sólidos al cultivo, los que también aportaron para la nutrición y sostén de la planta.

Sánchez et al. (2012) exponen datos de proteína de 20,2% para el cultivo de lechuga convencional o a campo abierto, al comparar con lo expuesto aquí (tabla 5), donde se obtuvo 21,45%, se ve que esta es mayor, aunque la diferencia es mínima, en otras producciones de lechuga a campo abierto y de lo reportado por Raigón et al. (2006), obtiene dato también cercanos con un 19% de proteína. Nuestros análisis bromatológicos, nos indican que el cultivo de lechuga es una buena fuente de proteína y minerales que son esenciales para una buena nutrición lo que con lleva a tener una buena salud y mejor calidad de vida.

Spell y Bressani (2011) comentan que, en el cultivo de lechuga para tener buenas características organolépticas, se debe cumplir con todos los requerimientos nutricionales y de manejo que la planta necesita para su desarrollo y producción, aquí se muestra que la producción bajo sistemas hidropónicos, en sí resulta más beneficiosa para la absorción de dichos nutrientes, ya que estos son tomados de las soluciones empleadas (A y B) y de manera directa. Cabe mencionar que las soluciones deben ser solubles, para que permita la fácil absorción por parte de los cultivos, con lo cual se está ayudando a que no exista ninguna deficiencia en desarrollo, además que esta solubilidad ayudará que no se pueda tener daños en las bombas y sistema en general, lo que permitirá la expulsión de adecuada de agua en el sistema, lo que resulta en una absorción de nutrientes uniforme por parte de las plantas. (Favela et al. 2006)

Quesada y Berstsch (2012) muestran que en los sistemas hidropónicos frente al convencional o campo abierto, presenta diversas ventajas, permitiendo una adecuada y elevada producción, optimización de espacios 4 veces menor al del cultivo tradicional, se reduce el uso o consumo de agua en un 90%, ya que esta se recicla, además, se ahorra tiempo, se puede implementar en de forma fácil en zonas con cualquier clima, ayuda a tener productos sanos y propios de cada zona, ayuda con facilidad corregir alguna deficiencia manejo integrado más rápido y fácil de controlar.

1.25. Relación beneficio/costo (B/C) de los tratamientos evaluados

La tabla 6 muestra la relación beneficio/costo de los sistemas evaluados (hidropónico y convencional o campo abierto), se puede apreciar que los mejores resultados de relación B/C los obtiene el sistema de producción a campo abierto, sin embargo, en este caso, los sistemas hidropónicos también están mostrando beneficio, aunque este es bajo.

La diferencia en la obtención de este beneficio se debe principalmente a que en los sistemas hidropónicos se tiene que realizar una inversión inicial más alta, lo que produce un gasto superior en las primeras producciones, lo cual está considerado como la desventaja de estos sistemas, no obstante, los beneficios en facilidad de manejo del cultivo (ya que se provee las cantidades adecuadas, sanidad, entre otras), brindan mayor ahorro de tiempo y trabajo de mano de obra, lo cual, a futuro podría beneficiar a los productores que optan por este tipo de sistemas productivos.

Cabe destacar en muchos mercados, los vegetales obtenidos en este tipo de sistemas son muy apreciados, en especial por su sanidad, lo cual puede traer rentabilidades mayores en el mercado adecuado, además, se puede aprovechar el agua de una forma más eficiente y que se distribuya de mejor manera y se vuelva a utilizarla, evita erosión de lo suelo optimizando espacios, ayudando a la conservación del recursos naturales y medio ambiente en general y, otro de los beneficios a mediano y largo plazo es el tener una rentabilidad adecuada debido a las producciones precoces (menor tiempo) y fuera de la temporada.

Tabla 6

Relación beneficio/costo en cada sistema hidropónico y convencional expresado en Kg/año en producción de lechuga.

| Tipos de producción | Ingresos (USD) | Egresos (USD) | Beneficio (USD) | Relación costo beneficio |
|---------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|---|
| S. Hidropónico Patagonia | 444 | 600 | 156 | 1,35 |
| S. Convencional Vero | 500 | 250 | 250 | 2 |

| | | | | |
|----------------------------------|-----|-----|-----|------|
| S. Convencional Patagonia | 500 | 250 | 250 | 2 |
| S. Hidropónico Vero | 444 | 600 | 156 | 1,35 |

Obando et al. (2016) indican, que la rentabilidad de un sistema hidropónico se da a partir del segundo año, por lo que su evaluación económica deberá realizarse como mínimo para 3 años, lo que permitirá ver si existe rentabilidad en los sistemas implementados. Así también los autores Domínguez et al. (2015) indican que la rentabilidad de estos sistemas hidropónicos se da al tercer año, ahorrando a partir de este periodo de tiempo hasta un 52% en los gastos de producción, por lo que en el presente trabajo se debería al menos tener un par de periodos más de evaluación económica, para poder emitir un resultado que vaya más acorde con la realidad de estos sistemas en cuanto a sus beneficios económicos y productivos.

En el trabajo realizado por Herrera y Sergio (2016), indican que en sistemas hidropónicos, en el primer periodo de producción no existe rentabilidad, las plantas cultivadas en la producción son bajas, la inversión se recupera desde segundo periodo con un ingreso del 13,47%, y al tercer periodo resulta mucho mejor recuperando un porcentaje de hasta el 65%, además comenta que hay que tener en cuenta que, estos proyectos se los debe evaluar a largo plazo.

Conclusiones

En la evaluación de los sistemas de producción hidropónico y a campo abierto, se evidenció que en el sistema hidropónico se obtuvo mayores rendimientos en: alturas, peso y proteína en la variedad Vero; mientras, en la variedad Patagonia presentó una mayor altura y proteína en el sistema hidropónico, pero, un menor peso frente a campo abierto.

En el análisis beneficio costo, se observó una mayor relación en el sistema a campo abierto, debido a que los egresos son menores al ser comparados con los costos del sistema hidropónico y, se obtiene el doble de ingresos al momento de comercializar el producto, sin embargo, el sistema hidropónico pese al mayor costo de implementación inicial en su primera producción, muestra una buena proyección económica, esperando que a futuro alcance mayor beneficio económico, además, las ventajas de manejo y conservación de recursos naturales, hace que estos sistemas sean una buena opción para la producción de lechuga.

Recomendaciones

Continuar en la búsqueda constante de nuevas alternativas de producción agrícola, las cuales deben estar al alcance de los pequeños productores, con el fin de garantizar la seguridad alimentaria en el país.

Para realizar una producción hidropónica rentable, se recomienda cultivar lechugas de variedades de hoja, como la Vero (evaluada en este estudio), ya que permiten un buen desarrollo y fácil formación de las hojas, además de un color vigoroso a la planta y mejor optimización de espacio, por otra parte, permite mayor producción debido al mayor número de plantas por área de siembra.

En la lechuga de repollo como variedad Patagonia se dan mejor a campo abierto ya que permite una mejor formación del repollo de acuerdo al espacio en cómo se va desarrollando y constantes aporques que permiten a la planta tener el peso y características adecuadas a la planta.

Para zonas donde existen demasiadas lluvias, se aconseja tener una cubierta con plástico, ya que al mojar las zonas de producción puede ocasionar hongos y retrasar la producción y tener pérdidas.

En la producción a campo abierto se debe tener adecuado control en los cultivos y se aconseja tener un buen control de malezas y evitar la presencia de animales domésticos dentro de los cultivos ya que permiten dañar la producción y son vectores que pueden causar múltiples enfermedades

Se debe tomar en cuenta el beneficio/costo de los proyectos a establecer y los materiales de buena calidad que sean resistentes y que permitan tener una rentabilidad a futuro y poder recuperar las inversiones y manejo adecuado al cultivo y con una producción de calidad.

Bibliografía

- Agrocalidad. (2014). Instructivo de muestreo para análisis bromatológico. <http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/lab/02-INT-B-09-Tomade-muestras-para-an-lisis-bromatologicos-Rev-4.-Vigente.pdf>.
- Álvarez, M., y Lasso, A. (2011). Fertilización con azufre y magnesio en el cultivo de brócoli *Brassica oleracea* L. var Itálica sobre los suelos Vitirc Hasplustand y Tipicdistrandep del Altiplano de Pasto. Universidad de Pasto.
- Arcos, B., Benavides, O., y Rodríguez, M. (2011). Evaluación de dos sustratos y dos dosis de fertilización en condiciones hidropónicas bajo invernadero en lechuga (*Lactuca sativa* L.) Revista de Ciencias Agrícolas, 28(2), 95–108.
- Barreno, B. (2019). Evaluación del biosol generado en la producción de biogás, como biofertilizante en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29476/1/Tesis-229> Ingeniería Agronómica -CD 630.pdf.
- Beltrano, J., y Giménez, D. (2015). Cultivo en hidroponía. (Edulp). http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1.
- Benavides, L., Benavides, O., y Marino, R. (2010). Evaluación de dos sustratos y dos dosis de fertilización en condiciones hidropónicas bajo invernadero en lechuga (*Lactuca sativa* L.) En Ciencias Agrícolas (Vol. 28). Universidad de Nariño.
- Boffelli, E., y Sirtori, G. (2006). El huerto: Guía completa (De Vecchi). https://books.google.com.ec/books?id=YtAwDwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
- Bravo, S., Paspur, J., y Unigarro, A. (2009). Evaluación de la fertilización con fósforo en lechuga (*Lactuca sativa* L.) , en el altiplano de Pasto. Universidad de Nariño.
- Caffarena, J. S. (1982). Cultivo hidropónicos (Mundi-Prensa (ed.)).
- Cajo, A. (2016). Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.),

- bajo el sistema NTF, con tres soluciones nutritivas. (Universidad técnica de Ambato).
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23421/1/Tesis-136> Ingeniería Agronómica -CD 413.pdf.
- Campesinos, F. H. J. (2010). Cultivo ecológico de hortalizas. (Lexus).
- Chain, S. N. (2001). Evaluación de proyectos de inversión en la empresa. (Pearson).
<http://www.elmayorportaldegerencia.com/Documentos/Inversiones/%5BPD%5D>
 Documentos - Evaluacion de los proyectos de inversion.pdf.
- Chiesa, A. (2010). Factores precosecha y postcosecha que inciden en la calidad de la lechuga. Avances En Horticultura, 5. <http://www.horticulturaar.com.ar/es/articulos/factores-precosecha-y-postcosecha-que-inciden-en-la-calidad-de-la-lechuga.html>.
- CIATA. (1998). Tecnología agroalimentaria.
<http://www.serida.org/pdfs/1865.pdf?fbclid=IwAR339FNhyGtilRkLsspniCPbWdjolme0bVvgig9anbYfZwmWvfdEV6Y0v1o>.
- Cruz, M. 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. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, 7 (Univ. Autónoma Juan Misael Saracho), 31–39.
http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rvc/v7n12/v7n12_a05.pdf.
- Davis, M. R., Subbarao, K. V, Raid, R. N., y Kurtz, E. A. (2002). Plagas y enfermedades de la lechuga (Mundi-Prensa).
- Fao. (2016). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. <http://www.fao.org/3/a-i6030s.pdf>.
- Fardous, Z. T. (2007). Growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) as influenced by nitrogen and mulching. December.
- Favela Chavez, E., Preciado Rangel, P., y Benavides Mendoza, A. (2006). Manual para la preparación de soluciones nutritivas. (Issue July).
<https://www.researchgate.net/publication/305280176>.
- FERDOWSY, A. (2013). Effect of organic manure and spacing on growth and yield of lettuce.

Faculty of Agriculture, Sher-e-Bangla Agricultural University.

Fernández, K., y Murillo, E. (2005). Evaluación de la calidad nutricional y desarrollo vegetativo de zanahoria (*Daucus carota* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas con técnicas de agricultura limpia en la región de chapeton-municipio de ibague. 1, 11–20. <https://www.redalyc.org/pdf/4137/413740777002.pdf>.

Gavilán, M. (2004). Tratado de cultivos sin suelo. (Mundi-Prensa).

Gómez, P. (2014). Huertos Familiares. www2.gtz.de/dokumente/bib/04-5108a4.pdf.

Granval, N., y Graviola, J. (1991). Manual de producción de semillas hortícolas.

Guerrero, E. M., Revelo, J. C., Benavides B., O., Chaves J., G., y Moncayo, C. Á. (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. <https://doi.org/10.22267/rcia.143101.38>

Herrera, A., y Sergio, S. (2016). Estudio de la factibilidad financiero del cultivo hidropónico de lechuga crespa, caso: finca el Tambo Vereda el Aventina en el municipio de Mutiscua (Universidad Santo Tomás, Bucaramanga). <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9716/HerreraAldemarSuarezSergio2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Intipampa, A. (2014). Evaluación del comportamiento agronómico de tres cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en dos comunidades del municipio de caranavi de la Paz [Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5595/T-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Jones, J. B. (1985). Growing plants hydroponically. In The American Biology Teacher (Vol. 47, Issue 6). <https://doi.org/10.2307/4448083>.

Keith, R. (2003). How - to hydroponics (Futuregard).

Kuklinsky, C. (2003). Nutrición y Bromatología (Omega).

Lesur, S. (2014). Manual básico de horticultura. (Trillas).

- López, A. (2001). Producción de hortalizas. (Limusa, S.).
- Noreña, J., Aguilar, P., Malagón, E., Molano, P., Arguello, O., y Arroyave, M. (2014). Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga en el Oriente Antioqueño. (Corpoica).
- Obando, D., Ladino, J., y Solano, I. (2016). Estudio de la factibilidad del diseño y montaje de sistemas de cultivo hidropónicos de lechugas en conjunto residencial Okapi II en la ciudad de Bogotá. (Universidad Distrital Francisco José de Caldas). [http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/2847/1/Estudio de Factibilidad del Diseño y Montaje de Sistemas de Cultivos Hidropónicos de Lechuga en Conjunto Residencial Okapi II en la Ciudad de Bogotá.pdf](http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/2847/1/Estudio%20de%20Factibilidad%20del%20Diseño%20y%20Montaje%20de%20Sistemas%20de%20Cultivos%20Hidropónicos%20de%20Lechuga%20en%20Conjunto%20Residencial%20Okapi%20II%20en%20la%20Ciudad%20de%20Bogotá.pdf).
- Ott, S. (2009). Manual de cultivo de hortalizas. (Omega, S.A).
- Peréz, Y., y María, P. (2007). Biblioteca de la agricultura (Lexus).
- Quesada, G., y Berstsch, F. (2012). Fertirriego en el rendimiento de híbridos de tomate producidos en invernadero. *Agronomía Mesoamericana*, 23, 117–128.
- Quintero, I., Zambrano, J., Cabrita, M., y Gil, R. (2000). Evaluación en campo y postcosecha de nueve cultivares de lechuga (*Lactuca sativa* L.) 10. <https://docplayer.es/25243123-Evaluacion-en-campo-y-postcosecha-de-nueve-cultivares-de-lechuga-lactuca-sativa-l-1.html?fbclid=IwAR1OAKOyOb1BP0kP9cA35-kj1IYg2UYLdS-xV8MNeN6uU8DvKikA7sRDVX4>.
- Raigón, M. D., García Martínez, M. D., Guerrero, C., y Esteve, P. (2006). Actividad de la nitrato reductasa y su relación con los factores productivos en lechuga. VII Congreso SEAE Zaragoza 2006, 1–6. <chrome-extension://mhjfbmdgcfjbbpaeojofohoefgihjai/index.html>.
- Ramírez, D. F. (2007). Seguridad alimentaria cultivando hortalizas. (Grupo Latinos).
- Resh, H. (1997). Cultivos hidropónicos. (Mundi-Prensa).
- Reyes-Medina, A. J., Fraile-Robayo, D., y Álvarez-Herrera, J. G. (2019). Evaluación de la mezcla de sustratos en un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Verónica. *Temas Agrarios*, 24(1), 34–41. <https://doi.org/10.21897/rta.v24i1.1776>.

- Reyes, K. . (2016). Estudio y diseño de un prototipo de huerto vertical para plan socio vivienda 1, Guayas, 2016. Escuela Superior Politecnica del Litoral.
- Salazar, W. (2002). Principios básicos de la agricultura orgánica.
- Sánchez, T. M., Siliquini, O. A., Gili, A. A., Baudino, E. M., y Morazzo, G. C. (2012). Contenido de nitratos y proteína en lechuga crespa y amaranto hortícola producidos con enmienda y urea. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 18(2), 217–226. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.02.027>.
- Sheikh, B. A. (2006). Hydroponics: Key to sustain agriculture in water stressed and urban environment. *Pakistan Journal of Agriculture Agricultural Engineering and Veterinary Sciences*, 22(2), 53–57.
- Spell, L., y Bressani, R. (2011). Preparación y caracterización química y nutricional de la proteína foliar de la chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*). In *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala* (Vol. 54).
- Terranova, E. (2001). Producción agrícola 2. (Terranova).
- Valadez, A. (1997). Producción de hortalizas (Noriega).
- Zamanipour, M., Ganji Moghaddam, E., Tehranifar, A., y Abedi, B. (2019). Meristem culture of *Prunus avium* cvs. “Siyah-e-Mashhad” and “Taktane”. *Azarian Journal of Agriculture*, 6(1), 203–208. <https://doi.org/10.29252/azarinj.003>.
- Zohary, D. (1991). The wild genetic resources of cultivated lettuce (*Lactuca sativa* L.) *Euphytica*, 53, 31–35.
- Zuñiga, P. (2014). Manual de producción orgánica de semillas de hortalizas [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2865/1/T-UCE-0004-97.pdf>.

Apéndice

Apéndice 1: Gráficas

Figura 8

Armado de la estructura del sistema hidropónico



Nota. Estructura del sistema hidropónico, en el sistema vertical, se utilizó tubos 6 pulgadas y en el horizontal tubos de 3 pulgadas.

Figura 9

Preparación de terreno.



Nota. Preparación de las camas para el cultivo de lechuga en el sistema a campo abierto.

Figura 10

Siembra de plántulas de lechugas



Nota. Siembra de lechugas en los dos sistemas de evaluación.

Figura 11

Fertilización



Nota. Primera aplicación de fertilizante en el cultivo.

Figura 12

Lechuga de 25 días.



Nota. Desarrollo de la lechuga 25 días después del traspunte

Figura 13

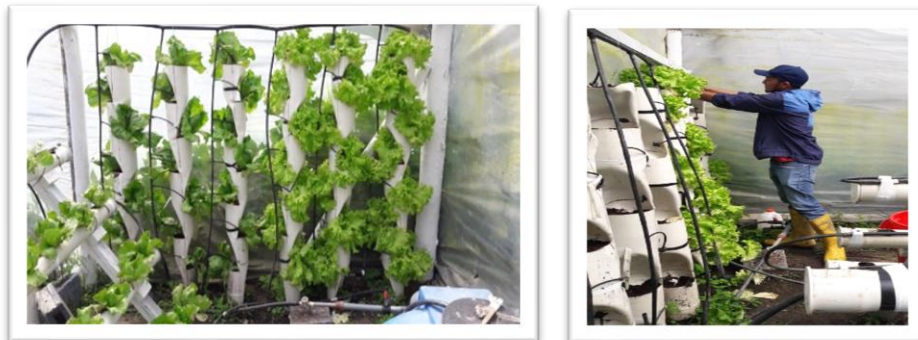
Lechugas a campo abierto.



Nota. Identificación de las variedades de lechuga, en la derecha esta la variedad vero y a la izquierda la variedad patagonia.

Figura 14

Listas para la cosecha.




Nota. Fase final del desarrollo, del cultivo, se realizó la cosecha respectiva.

Figura 15

Lechugas empacadas listas para ser comercializadas



Apéndice 2: Resultados de análisis bromatológicos

| | | |
|--|---|---|
|  AGROCALIDAD <small>AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO</small> | LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Vía Interoceánica Km. 14 ^o y Tío Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf: 02- 3828 860 ext. 2035 | PGT/B/09-FO01 Rev. 6 |
| | INFORME DE ANALISIS | Hoja 1 de 1 |

Informe N°: LN B E20-136
Fecha emisión Informe: 23/03/2020


DATOS DEL CLIENTE
 Persona o Empresa solicitante¹: Henry Daniel Campoverde El as de
 Dirección¹: Rodrigo Jaramillo
 Teléfono¹: 0986491473
 Correo Electrónico¹: ncamoverde62@gmail.com
 Provincia¹: Loja Cantón¹: Loja N° Orden de Trabajo: 11-2020-087
 N° Factura/ Memorando: 012-001-00573


DATOS DE LA MUESTRA:
 Lote¹:
 Conservación de la muestra¹: Congelación
 Provincia¹: Loja Tipo de envase¹: Funda Ziploc
 Cantón¹: Loja Condiciones ambientales: Temperatura (°C) 23
 Parroquia¹: San Sebastián Humedad Relativa(% HR) 54
 Responsable de toma de muestra¹: Henry Daniel Campoverde
 Fecha de toma de muestra¹: 02-03-2020 Fecha de inicio de análisis: 04-03-2020
 Fecha de recepción de la muestra: 03-03-2020 Fecha de finalización de análisis: 23-03-2020


RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

| CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO | IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹ | PARÁMETRO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO | ESPECIFICACIÓN/ REFERENCIA ¹ |
|-------------------------------|--|-----------|--------|------------------------|-----------|---|
| B200203 | L. PC. PATAGONIA | Proteína | % | Kjeldahl PEE/B/02 | 16,18 | ... |
| | | Calcio | % | AA (Llama) PEE/B/10 | 0,32 | ... |
| | | Magnesio | % | AA (Llama) PEE/B/10 | 0,11 | ... |
| | | Potasio | % | AA (Llama) PEE/B/10 | 25,01 | ... |
| | | Cobre | mg/kg | AA (Llama) PEE/B/10 | < 0,05 | ... |

Analizado por: Quím. A. Patricia Obando
 Observaciones: Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
¹Datos suministrados por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza por ellos.
 Anexo Gráficos: NA
 Anexo Documentos: NA


 Quím. A. Gabriela Pita
 Responsable Técnico
 Laboratorio de Bromatología


AGROCALIBAN
AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA
 TUMBACO - ECUADOR


23 MAR 2020

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta ocasión. Esta prohibida la reproducción parcial o total de este informe. La autoría es del Laboratorio.

| | | |
|--|---|-----------------------------|
|  AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DEL PRODUCTO AGROPECUARIO | LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Vía Interoceánica Km. 14 y Cloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf: 02-3828160 ext. 2035 | PGT/B/09-F001 Rev. 6 |
| | INFORME DE ANÁLISIS | Hoja 1 de 1 |

Informe N°: LN B E20 133

Fecha emisión Informe: 23/03/2020

DATOS DEL CLIENTEPersona o Empresa solicitante¹: Henry Daniel Campoverde Eliza deDirección¹: Ilodoveo JaramilloTeléfono¹: 0986401473Provincia¹: LojaCantón¹: LojaCorreo Electrónico¹: n.amoverde62@gmail.com

N° Orden de Trabajo: 11-2020-087

N° Factura/ Memorando: 012-001-00573

DATOS DE LA MUESTRA:Lote¹:Conservación de la muestra¹: CongelacionProvincia¹: LojaTipo de envase¹: Funda ZiplocCantón¹: Loja

Condiciones ambientales: Temperatura (°C): 23

Parroquia¹: San Sebastián

Humedad Relativa(% HR): 54

Responsable de toma de muestra¹: Henry Daniel CampoverdeFecha de toma de muestra¹: 02-03-2020

Fecha de inicio de análisis: 04-03-2020

Fecha de recepción de la muestra: 03-03-2020

Fecha de finalización de análisis: 23-03-2020

RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

| CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO | IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹ | PARÁMETRO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO | ESPECIFICACIÓN/ REFERENCIA ¹ |
|-------------------------------|--|----------------------|--------|------------------------|-----------|---|
| B200200 | L. PC. VERO | Proteína (Nx6,25) | % | Kjeldahl PEE/B/02 | 21,45 | --- |
| | | Calcio | % | AA (Llama) PEE/B/10 | 0,35 | --- |
| | | Magnesio | % | AA (Llama) PEE/B/10 | 0,13 | --- |
| | | Potasio | % | AA (Llama) PEE/B/10 | 23,14 | --- |
| | | Cobre | mg/kg | AA (Llama) PEE/B/10 | < 0,05 | --- |

Analizado por: Quim. A. Patricia Obando

Observaciones: Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

*Datos suministrados por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Anexo Gráficos: NA

Anexo Documentos: NA




AGROCALIDAD
 AGENCIA DE REGULACIÓN Y
 CONTROL DEL PRODUCTO AGROPECUARIO
 Laboratorio de Bromatología
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA
 TUMBACO - ECUADOR



23 MAR 2020

Nota: El resultado correspondiente únicamente a la muestra entregada por el cliente, en esta fecha.
 Es prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización del laboratorio.

| | | |
|---|--|-----------------------------|
|  AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DEL ZODONARIO | LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Vía Interoceánica Km 14 ^o y Elay Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Telef. 02 3828 860 ext. 2035 | PGT/B/09-FO01 Rev. 6 |
| | INFORME DE ANÁLISIS | Hoja 1 de 1 |

Informe N°: LN B-E20-135
 Fecha emisión Informe: 23/03/2020

DATOS DEL CUENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Henry Daniel Campoverde Eliza de
 Dirección¹: Rodoveo Jaramillo
 Teléfono¹: 0986491473
 Correo Electrónico¹: ncamoverde62@gmail.com
 Provincia¹: Loja Cantón¹: Loja
 N° Orden de Trabajo: 11-2020-087
 N° Factura/ Memorando: 012.001.00573

DATOS DE LA MUESTRA:

Lote¹:
 Provincia¹: Loja Conservación de la muestra¹: Congelación
 Tipo de envase¹: Funda Ziploc
 Cantón¹: Loja Condiciones ambientales: Temperatura [°C] 23
 Parroquia¹: San Sebastián Humedad relativa [% HR]: 54
 Responsable de toma de muestra¹: Henry Daniel Campoverde
 Fecha de toma de muestra¹: 02-03-2020 Fecha de inicio de análisis: 04-03-2020
 Fecha de recepción de la muestra: 03-03-2020 Fecha de finalización de análisis: 23-03-2020

RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

| CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO | IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹ | PARÁMETRO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO | ESPECIFICACIÓN/ REFERENCIA ¹ |
|-------------------------------|--|------------------------|--------|------------------------|-----------|---|
| B200202 | L. PH. PATAGONIA | Proteína | % | Kjeldahl PEE/B/02 | 22,00 | --- |
| | | [Nx6,25] | | | | |
| | | Calcio | % | AA (Llama) PEE/B/10 | 0,52 | --- |
| | | Magnesio | % | AA (Llama) PEE/B/10 | 0,09 | --- |
| | | Potasio | % | AA (Llama) PEE/B/10 | 23,86 | --- |
| Colore | mg/kg | AA (Llama) PEE/B/10 | < 0,05 | --- | | |

Análisis por: Quím. A. Patricia Obando

Observaciones: Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

¹Datos suministrados por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza por esta información

Anexo Gráficos: NA

Anexo Documentos: NA



Quím. A. Gabriela Pita
 Responsable Técnico
 Laboratorio de Bromatología



LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA
 TUMBACO - ECUADOR



23 MAR 2020