

Universidad católica del trópico seco
“Pbro. Francisco Luis Espinoza Pineda”



Informe final de tesis para optar al título profesional de Ingeniero
Agropecuario

Evaluación de dos variedades de *Lactuca sativa* bajo condiciones de
acuaponía con las técnicas de canaleta, NFT horizontal – vertical, UCATSE,
2019 - 2020

Autores

Enmanuel Eliud Blandón Torres

Luz Elieth Benavidez Blandón

Tutor

M.Sc. Rosa Xiomara Rivera Herrera

Estelí, noviembre 2020

Esta tesis fue aceptada en su presente forma por el Departamento de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) de la Universidad Católica del Trópico Seco (UCATSE), y aprobada por el Honorable Sínoo Evaluador nombrado para tal efecto, como requisito parcial para optar al título profesional de: **INGENIERO AGROPECUARIO**

Tutor

M.Sc. Rosa Xiomara Rivera Herrera

Sínoo evaluador

M.Sc. Wilfred Orestes Arauz Rodríguez

M.Sc. Harling Demetrio García Cruz

M.Sc. Albert Williams Hernández Hernández

Sustentantes

Enmanuel Eliud Blandón Torres

Luz Elieth Benavidez Blandón

ÍNDICE

Contenido	Página.
INDICE DE ANEXOS	iii
DEDICATORIA	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. MARCO TEÓRICO.....	5
4.1. Generalidades de la lechuga.....	5
4.2. Desarrollo vegetativo	6
4.3. Variedades de lechuga	6
4.4. Variedades más comunes en Nicaragua.....	7
4.5. Siembra	8
4.6. Trasplante.....	8
4.7. Sistema de Acuaponia.....	8
4.8. Características físico químicas del agua en los sistemas de producción acuapónica 8	
4.9. Sistema de cultivos sin suelo	9
4.10. Manejo de la lechuga a cielo abierto	12
4.11. Enfermedades y plagas.....	13
4.12. Plagas	14
V. MATERIALES Y MÉTODOS	15
5.1. Ubicación geográfica	15
5.2. Población y muestra.....	15
5.5. Definición de variables con su operacionalización.....	16
5.6. Diseño experimental	19
5.7. Selección de las técnicas o instrumentos para la recolección de los datos	20

5.8. Nitratos y Nitritos	20
5.9. Procedimiento para el análisis de resultados	21
5.10. Manejo del cultivo en el experimento.....	21
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
VII. CONCLUSIÓN	30
VIII. RECOMENDACIONES	31
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	32
X. ANEXOS.....	35
Anexo 1. Ubicación del ensayo	35
Anexo 2. Diseño experimental.....	35
Anexo 3. Hoja de campo.....	36
Anexo 4. Fotografías del ensayo.....	36
Anexo 5. Inversiones y costos directos de producción para plantas de lechuga en diferentes técnicas evaluadas	44

INDICE DE ANEXOS

Contenido	Página.
Anexo 1. Ubicación del ensayo	35
Anexo 2. Diseño experimental	35
Anexo 3. Hoja de campo	36
Anexo 4. Fotografías del ensayo	36
Anexo 5. Inversiones y costos directos de producción para plantas de lechuga en diferentes técnicas evaluadas	44

DEDICATORIA

Este trabajo primeramente va dedicado a Dios por darme la vida, sabiduría, fortaleza y entendimiento para poder superar las adversidades que se me presentaron en el transcurso de la carrera y conseguir así la culminación de este trabajo.

Este logro también se lo dedico a las personas que han influido en mi vida, especialmente a mi padre, el Sr. **Mauricio Blandón Quintanilla** y a mi madre, la Sra. **Clelia María Torres Barrientos** quienes incondicionalmente me han apoyado con sus consejos, motivación constante y amor en el transcurso de mi vida, para poder lograr los objetivos que me he propuesto.

Enmanuel Eliud Blandón Torres

DEDICATORIA

Primero y, antes que nada, dar gracias a Dios por estar conmigo en cada paso que doy, por haber puesto en mí camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo este tiempo.

A mis hermanos **Antonio, Ariel y María José** por su esfuerzo y apoyo incondicional en la parte moral y económica para culminar mi carrera.

Pero quien más se merece el agradecimiento de este trabajo es mi mamá **Luz Marina Blandón**, por los inmensos sacrificios que hizo, por su apoyo y amor incondicional en los momentos más difíciles de mi vida. Por eso te doy mi trabajo en ofrenda de paciencia y amor.

Luz Elieth Benavidez Blandón

AGRADECIMIENTO

Primeramente, nuestro agradecimiento a **Dios**, nuestro creador, por habernos dado la vida, sabiduría, perseverancia y fuerza para culminar exitosamente la carrera.

A mis familiares, compañeros, profesores y amigos por brindarnos el apoyo necesario a lo largo de la carrera.

A mi tutora **M.Sc. Rosa Xiomara Rivera** por creer en nuestras capacidades y ampliar mis conocimientos para realizar la tesis.

A **M.Sc. Jaime Amador Landero Amaya** que fue una de las personas que nos apoyó durante este proceso de nuestro trabajo de investigación.

A nuestra alma mater Universidad Católica del Trópico Seco, que nos abrió sus puertas para pertenecer a esta gran familia de Ingeniería Agropecuaria y así poder crecer en mi vida profesional por medio de los conocimientos.

También agradecer el apoyo de nuestro compañero **José Leónidas Guevara** por el apoyo y amistad que nos brindó en estos cinco años de carrera.

RESUMEN

La investigación se realizó en el Módulo Experimental de Acuaponía (San Pedro Apóstol) en la Universidad Católica del Trópico Seco. Con el propósito de evaluar dos variedades de *Lactuca Sativa* L. bajo condiciones de Acuaponía con las técnicas de canaleta, NFT horizontal - vertical, UCATSE 2020. Se procesó los datos en InfoStat versión estudiantil, pruebas de normalidad Kolmogorov y de homogeneidad de la varianza a través de Duncan. El diseño utilizado fue un diseño bifactorial de parcelas divididas agua de Acuaponía y cielo abierto con tres tratamientos tres técnicas, dos variedades y tres repeticiones, (factor A, factor B y repeticiones) para un total de 18 unidades experimentales, dos variedades de *Lactuca* (Auvona- Impulsión) Los resultados indican que en la variable de número de hojas entre los sistemas, la media para la variedad impulsión en la técnica de NFT (horizontal) fue de 24.7 cm, seguido de la variedad auvona en la técnica de canaletas con un número de hojas fue de 22.67 cm, por último, se observa que la variedad impulsión tiene 21.60, al comparar la media en largo de hoja se encontró que el promedio de largo de hojas auvona en la técnica de canaletas 17.80 cm, seguido de la variedad auvona en la técnica NFT horizontal con 15.53cm y por último la variedad auvona en la técnica NFT vertical 15.23cm, en el peso de lechuga se muestra que es mayor en la técnica canaletas (1 y 2) teniendo un promedio mayor en la variedad impulsión (2) 71.4g seguido de la técnica NFT horizontal (5 y 6) con la variedad auvona demostrando 54.6g y por último la técnica NFT vertical con un mayor peso en la variedad impulsión de 43.86g. En cuanto características físico-químicas del agua fueron: nitritos 0.088 mg/l, nitratos 0.94 mg/l, temperatura oscila entre 26.8°C y pH 6.8.

PALABRAS CLAVES: Acuaponía, Lechuga, Alternativas de siembras, reciclaje de agua, tilapia.

I. INTRODUCCIÓN

La lechuga es una hortaliza protagonista del plato más ligero y sencillo del recetario: la ensalada. Tanto es así que cuando nos referimos a una ensalada, en realidad una mezcla de vegetales, el único ingrediente que se suele dar como seguro es este. Aporta 18 calorías por 100 g de parte comestible y contiene: agua (94%), celulosa (0,6%), glúcidos (3%), lípidos (0,2%) y prótidos (1%). Está bien provista de minerales, especialmente de potasio (264 mg/100 g), de calcio (35 mg), de fósforo (26 mg) y de magnesio (16 mg), así como oligoelementos (cobre, manganeso, níquel, cinc, etc.). También es rica en vitaminas: A (970 mg, en forma de carotenoides), del grupo B (su contenido en ácido fólico es de 21 mg), C (8 mg) y E (0,06 mg) (García, 2019)

Tradicionalmente, los productores utilizan métodos de producción de hortalizas que sus antepasados le han transmitido y al paso del tiempo con la utilización de productos químicos cada vez mayor, pero esto tiene consecuencias irreversibles al medio ambiente por que los suelos están cada vez más contaminados de estos residuos químicos.

El estudio realizado por Pineda (2017), indica que la Acuaponía es un sistema de producción cerrado que integra la técnica de la acuicultura con la hidroponía, es decir, es una combinación de la producción de peces y la producción de hortalizas sin suelo por el medio común “agua”. Las plantas y los peces crean una sinergia, ya que los desechos metabólicos de los peces son aprovechados como nutrientes por los vegetales para crecer, mientras que las plantas limpian el agua y eliminan los compuestos tóxicos para los peces (principalmente amonio y nitritos), reduciendo la frecuencia de renovación del agua. Sin embargo, en este sistema también intervienen microorganismos que inciden en los procesos de mineralización y nitrificación; principalmente bacterias nitrificantes. Este sistema de producción intensiva sustentable requiere de condiciones ideales para que exista interacción entre peces, microorganismos y plantas.

Por eso, uno de los grandes retos del siglo XXI es mejorar la gestión y la utilización de agua, para garantizar que este recurso fundamental soporte una población mundial de nueve mil millones o más en 2050. Por lo que es necesario no solo crear nuevo conocimiento, sino también traducir ese conocimiento científico hacia público abierto, de tal modo que las

nuevas tecnologías y los nuevos conceptos puedan implementarse rápidamente (Foro Consultivo Científico y Tecnológico, 2012).

El estudio se realizó con el propósito de evaluar dos variedades de *Lactuca Sativa* L. (Auvona- Impulsión) bajo condiciones de Acuaponía con las técnicas de canaleta, NFT horizontal vertical, UCATSE. En el Modulo Experimental de Acuaponía.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar dos variedades de *Lactuca sativa* bajo condiciones de acuaponía con las técnicas de canaleta, NFT horizontal – vertical, UCATSE

Objetivos específicos

Identificar las características químicas del agua en los sistemas de producción acuapónica

Determinar el grado de adaptación de dos variedades de (*Lactuca sativa*), bajo los sistemas de producción acuapónicos con las técnicas de canaleta (Película nutritiva), NFT (vertical y horizontal)

Calcular la huella hídrica para la producción de (*Lactuca sativa*), bajo condiciones de Acuaponia con las técnicas de canaleta, NFT (vertical - horizontal) y a cielo abierto

III. HIPÓTESIS

La variedad de *Lactuca sativa*, Auvona establecida en los sistemas NFT (vertical - horizontal), canaletas, presenta mejor comportamiento productivo.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Generalidades de la lechuga

Taxonomía

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Subfamilia: Cichorioideae

Tribu: Lactuceae

Género: *Lactuca*

Especie: *Lactuca Sativa L.*

Morfología

Debido a la gran variabilidad de lechugas que se han conseguido, existe una gran variabilidad morfológica entre ellas. De todos modos, lógicamente mantienen un cierto parecido en los caracteres. Las hojas, al principio forman una roseta, para formar después un cogollo más o menos apretado, aunque también existen algunas que no forman cogollo. Estas hojas pueden ser de forma redonda, lanceolada o casi espatulada, con los márgenes lisos o rizados, y con una coloración verde en distintas tonalidades, incluso matices rojizos (Laserna, 2018).

Normalmente es un cultivo anual, aunque algunas variedades lo hacen bianual. Normalmente en estado vegetativo avanzado, el cogollo se abre y aparece un tallo cilíndrico. Este tallo se ramifica desde un tercio de su altura, tiene numerosas hojas cada vez más pequeñas y acaba en una inflorescencia formada por numerosos capítulos de flores amarillas. Las semillas son frutos en aquenio pequeños y de color blanco o negruzco. Estas semillas están provistas de un vilano plumoso. En un gramo se cuentan 800 semillas. La capacidad germinativa que tienen es de 4-6 años (Laserna, 2018).

4.2. Desarrollo vegetativo

El crecimiento de la lechuga puede ser dividido en cuatro estadios: plántula, roseta, encabezamiento (no en todos los tipos) y reproductivo. El estado de plántula comienza una vez que ha ocurrido la protrusión de la radícula a través de la cubierta seminal y se pueden distinguir tres etapas:

Primera: en la semilla germinando, la radícula emerge y se transforma en la raíz pivotante.

Segunda: los cotiledones emergen y se expanden.

Tercera: el primer par de hojas verdaderas es formado, esto toma, desde la emergencia, unas 2 semanas.

Estado Plántula Roseta Encabezamiento Reproductivo [30] BOLETÍN INIA - INDAP
Después de la emergencia, la raíz se elonga rápidamente para formar una raíz pivotante, la cual crece alrededor de 3 cm después de 48 horas y puede alcanzar una longitud de unos 60 cm o más. El crecimiento de las raíces laterales comienza unos pocos días después de la emergencia, formándose principalmente en la parte superior de la raíz principal, solo el 35% está bajo los 20 cm. Esto implica que la planta reacciona al suelo seco entre 0 y 20 cm de profundidad con reducción del contenido de agua en las hojas y fotosíntesis. También hay un efecto en la proliferación de raíces según el tipo de almácigo trasplante que se realice; cuando es a raíz desnuda, generalmente la punta o ápice de la raíz se corta al estado de plántula, entonces ocurre una proliferación sustancial de raíces laterales a medida que la planta crece después del trasplante. En el caso de sistema raíz cubierta, la plántula no sufre cortes y conserva sus raíces intactas (Saavedra, y otros, 2017).

4.3. Variedades de lechuga

4.3.1. Lechuga Romana Auvona

Es una planta que no acogolla, con gran número de hojas de textura crujiente. Las hojas son uniforme en tamaño, estrechas, con nervio sólido y pequeño, que la hacen ideal para el procesado por su mayor vida útil. Se adapta a recolección mecanizada.

Es una romana color verde oscuro de corazón abierto. Es del tipo de las parris island con la típica textura de sus hojas y solidas venas. Sus laminas ampolladas son muy uniformes, se recomienda su cultivo durante todo el año sin embargo cabe destacar que los veranos deberían ser templados y durante el invierno su crecimiento será más lento. (Pingel, 2019)

Clima: Este cultivo soporta mejor las temperaturas elevadas que las bajas. Como temperatura máxima tendría los 30 °C y como mínima puede soportan temperaturas de hasta -6 °C. La lechuga exige que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche.

4.3.2. Lechuga impulsión

Variedad de Batavia de color verde brillante abierta de hojas entrelazadas de fino rizado. Permite obtener un peso y volumen extraordinariamente grandes. Destaca por su gran resistencia al espigado, permitiendo un período de cosecha muy amplio manteniendo la calidad y su color verde brillante hace que aumente la sensación de producto fresco tras el procesado. Para recolección de invierno, primavera y otoño. (Pingel, 2019)

4.4. Variedades más comunes en Nicaragua

4.4.1. Escarola

La escarola, como otras plantas de la misma familia, cuenta con una raíz única, de forma cónica, pivotante y gruesa.

Desde su tallo central presenta numerosas ramificaciones. Sus hojas basales son semi-carnosas, espatuladas y sus bordes son suavemente dentados y de un color verde profundo. Por su parte, las hojas que se ubican en la parte superior son brácteas (Alessandro, 2014).

4.4.2. Variedad iceberg

La variedad de lechuga Iceberg es una hortaliza formada por hojas de color verde claro y blanquecino. Tiene forma de ovillo compacto como redondeada, sus hojas forman una bola alrededor del tallo y se contraen una contra otra de forma natural, similar de aspecto al de una col. Tiene las hojas largas redondas, crujientes y muy prietas. Variedad de verano para zonas templadas con alta resistencia a necrosis apical. Su sabor es suave y acuoso (Barneto, 2015).

4.4.3. Grandes lagos

Variedad de ciclo tardío, resistente al espigado, adaptada para cultivo en primavera, verano y otoño. Hojas redondeadas, anchas, de bordes rizados, rugosas, con nervio central ancho y muy crujientes. Forma cogollos redondos aplanados muy densos (Rocalba, 2017).

4.4.4. Beyonce

Lechuga tipo iceberg con cabeza grande, buen peso y sabor, lechuga versátil para el consumo fresco y proceso; Gran adaptabilidad a las condiciones climáticas, apta para época seca y lluviosa; tiene resistencia a Mildiu (*Bremia lactucae*), precoz (García, 2017).

4.5. Siembra

La siembra se realizó en bandejas de plástico de 128 alveolos, utilizando como sustrato (kekila) preferiblemente para su desarrollo en la etapa de plántula, sembrando en cada alveolo una semilla de lechuga a 5mm de profundidad aproximadamente.

4.6. Trasplante

Cuando ya transcurrió un periodo de 28 días después de la siembra, la lechuga se trasplantó cuando esta ya tenía al menos de 2 a 3 hojas verdaderas y una altura aproximada de 8 a 10 centímetros

4.7. Sistema de Acuaponia

En el sistema de acuaponia se realizó un majo donde se utilizó el agua procedente de las pilas, donde se encuentran los peses para hacer la circulación del agua por las técnicas NFT (vertical, horizontal) y canaletas haciendo uso de 3 bombas de agua que permiten este proceso.

4.8. Características físico químicas del agua en los sistemas de producción acuapónica

En cuanto al recurso agua tenemos cinco parámetros sobre la calidad del agua que son importantes y que tenemos que seguir y controlar: oxígeno disuelto (5 mg/litro), pH (6-7), temperatura (18-30° C), nitrógeno total y alcalinidad del agua (FAO, 2015).

4.8.1. Nitritos y nitratos

En un sistema de acuaponía, amoníaco (NH_3), excretados por los peces como producto de desecho del metabolismo de proteínas, es convertido en nitrato (NO_3^-) por bacterias nitrificantes para que pueden ser utilizado por las plantas. Las plantas actúan como un sistema de filtración del agua; absorben los minerales nitrogenados y los desechos; mejorando la calidad del agua para los peces. Los peces, bacterias nitrificantes, y las plantas se benefician mutuamente. Los peces son la fuente de nutrientes para las plantas, las bacterias nitrificantes convierten los productos de desecho de pescado a formas útiles para las plantas, cuales filtran los nutrientes del agua para el beneficio de los peces. (Sink, 2016).

Nitritos (NO_2)

Los nitritos pueden afectar negativamente a la tilapia, aunque los efectos son limitados en agua salada. Sin embargo, un incremento del NO_2 puede ser un indicador del crecimiento de zonas anaeróbicas o de nitrificación. En el caso de un incremento de nitritos, se debe ser cuidadoso en observar la posible presencia de montículos de lodos en los estanques, y cambiar el despliegue de los aireadores. (Soria, 2014)

Nitratos

La oxidación de amoníaco a nitrato en dos etapas se llama nitrificación. El proceso bacteriano transforma una forma tóxica de nitrógeno (amoníaco) a una que sólo es tóxica en altas concentraciones (nitrato). (Marchán Pérez, 2014)

4.9. Sistema de cultivos sin suelo

4.9.1. Técnica Canaletas

Una canaleta hidropónica es un cauce o conducto artificial con el que se puede conducir y distribuir el agua y los nutrientes a las plantas con el fin de favorecer su crecimiento y desarrollo. Esta herramienta permite guiar y optimizar el uso de los recursos, lo cual ayuda a mantener más controlado su rendimiento, todo esto contribuye a generar un ahorro económico y muchos beneficios para la producción agrícola.

Por su diseño, esta estructura no genera pelusa, impurezas, bacterias, hongos, ni ningún tipo de microorganismo que pueda afectar a la producción; de esta manera ofrece mayor inocuidad en los cultivos generando raíces más sanas y con altos estándares de calidad, ya que además de brindar protección ayuda a evitar plagas y enfermedades.

Existen distintos tipos de canaletas, las cuales pueden tener una vida útil de hasta 5 años en promedio. La longitud, el ancho y la altura dependen de las necesidades de cada productor y del tipo de cultivo; así mismo la productividad que se obtiene con el uso de las canaletas es 10 veces mayor en comparación con otros métodos de cultivo.

4.9.2. Técnica NFT (Nutrient Film Technique)

El sistema se basa principalmente en la reducción de espacio y comprende una serie de diseños, en donde el principio básico es la circulación continua o intermitente de una fina capa de solución nutritiva a través de las raíces, que pasa por una serie de canales que pueden ser de PVC, polietileno y poliuretano con una forma rectangular, escalonada, en zigzag o vertical, llamados canales de cultivo.

En cada canal hay aberturas donde se colocan las plantas, éstas, pueden estar dentro de canastillas especiales con un medio de sostén (Tezontle, Fibra de coco, Foamy agrícola), o en pequeños vasos, estos canales están apoyados sobre mesas o caballetes que pueden tener una ligera pendiente o desnivel (0.51%) que facilita la circulación de la solución nutritiva, dependiendo del diseño del sistema.

La solución es recolectada y almacenada en un recipiente ya sea cubeta o un tanque (esto depende de los litros de solución nutritiva) a través de una bomba que permite la circulación de la solución nutritiva por los canales de cultivo.

Esta recirculación mantiene a las raíces en contacto permanente con la solución nutritiva, favoreciendo la oxigenación de las raíces y un suministro adecuado de nutrientes minerales para el desarrollo de las plantas. Como los nutrientes se encuentran fácilmente disponibles para las plantas, el gasto de energía es mínimo, de esta manera la planta gasta la energía en otros procesos metabólicos.

En instalaciones de más de 10 metros de largo y que contengan una densidad grande de plantas, poco a poco se puede ir perdiendo el oxígeno que circula en la solución; por lo que muchos hidrocultores optan por compensar el oxígeno perdido en estas instalaciones largas a través de la utilización de bombas de aire, las cuales bombean el aire por dentro de las tuberías directamente a la solución nutritiva (Anderson, 2019).

Factores que considerar en la producción de cultivos con NFT (Nutrient Film Technique)

Calidad de agua: Es importante analizar el suministro de agua, la cual, si se vive en provincia puede provenir de la lluvia o bien ser potable. Cuando el agua es dura o de ciudad, se requiere bajar su pH a 6. Puedes nivelarlo con un poco de ácido clorhídrico.

pH: En general, la absorción máxima de un ion ocurre entre un pH de 5 y 7. Normalmente se mantiene el pH entre 5.5 y 6.5, para la mayoría de los cultivos en invernadero.

Longitud del canal: Un máximo de 20 m de longitud es generalmente recomendado, se considera que la longitud no debe superar los 25 m.

Ancho del canal: Para cultivos como hortalizas altas, como el Jitomate, por ejemplo, la distancia entre plantas se recomienda entre 25 a 30 cm; sin embargo, hay cultivadores que señalan que pueden usarse canales más estrechos, de 15 cm, sin afectar los rendimientos de jitomate.

Pendiente del canal: Para asegurar las condiciones convenientes en la zona de las raíces, el canal deberá tener una pendiente que permita a la solución fluir a lo largo del mismo. En general, las pendientes entre 1 y 2% parecen convenientes.

El oxígeno en la solución nutritiva: La solución nutritiva dentro del sistema se va a mantener oxigenada debido a la circulación que tiene. Como comentamos en el punto anterior, la circulación ocurre gracias a la inclinación de la tubería para NFT o por diferencias en las alturas de las conexiones.

4.10. Manejo de la lechuga a cielo abierto

4.10.1. Establecimiento de semillero

La producción de plántulas de lechuga suele hacerse a través del establecimiento de semilleros. Se recomienda el uso de bandejas utilizando sustratos artesanales a base de lombrihumus, cascarilla quemada y sin quemar para favorecer el desarrollo de raíces. Las semillas se siembran a 3 mm de profundidad.

Se puede utilizar Trichoderma para proteger las plántulas de enfermedades mezclado con el sustrato o haciendo una aplicación a las plántulas cuando están recién germinadas utilizando 3 onzas y media (100 gramos) de producto. El trasplante se realiza de 30 a 40 días después de la siembra, cuando la lechuga tiene de 5-6 hojas verdaderas y una altura de 8 cm.

4.10.2. Cantidad de plantas y distancias de siembra

El trasplante se realiza en camas o en camellones:

Las camas deben tener una altura de 25 centímetros y separadas a 1.2 metros para que las plantas no estén en contacto con la humedad, además de evitar los ataques producidos por hongos. La distancia entre plantas depende de la variedad utilizada, para aquellas de crecimiento erecto o de cabeza pequeña se recomienda sembrarlas a 25 x 25 centímetros. Para las de cabeza o arpeolladas a 30 x 30 centímetros para tener una población aproximada de 40,000 a 60,000 plantas por manzana.

En sistema de camellones o surcos se utilizan distancias de siembra de 40 x 40 centímetros con una densidad de 44,100 plantas por manzana.

4.10.3. Prácticas de control de malezas

Este cultivo no tolera la competencia con malezas, por lo que se hace necesario mantenerlo limpio durante todo su ciclo.

Manual: los deshierbes preferiblemente se realizan con azadón o machete.

Control Químico: como última opción, seleccionando aquellos productos de banda verde y selectivos al cultivo que son menos dañinos al ambiente y a la salud humana.

4.10.4. Fertilización del cultivo

Es importante que los productores conozcan la fertilidad de sus suelos para realizar un buen plan de fertilización en sus cultivos.

Se recomienda la aplicación de 40 quintales por manzana de abono orgánico (Compost, Bokashi, Estiércol Seco) al momento de la preparación del suelo.

A los 8 días después del trasplante se aplican 2 quintales por manzana de la fórmula 12-30-10.

A los 20 y 45 días después del trasplante se recomienda 1 quintal de urea por manzana en cada aplicación.

La fertilización se puede complementar con el uso de biofertilizantes orgánicos o biomineral líquido enriquecido con harina de roca, en dosis de 1 a 2 litros por bombada. Se realiza a partir de los 15 días después del trasplante con frecuencias semanales o quincenales (INTA, 2018).

4.11. Enfermedades y plagas

Mildiu (*Bremia lactucae*): Manchas angulares verde-claro amarillas, visibles en parte superior de hojas. En la porción inferior y coincidiendo con el síntoma se desarrolla un micelio blanco. Con el tiempo, las lesiones son de color marrón y de apariencia seca.

Podredumbre húmeda (*Sclerotinia sp*): Afecta el cuello y las hojas de la base de las plantas. Se desarrolla podredumbre húmeda y un micelio blanco y algodonoso se forma sobre los tejidos afectados. Las plantas se marchitan y en la superficie y el interior de los tejidos infectados se forman cuerpos negros o esclerotos, estructuras de supervivencia del patógeno.

Marchitamiento y podredumbre basal (*Pythium sp*): Plantas afectadas quedan más pequeñas, se observan los vasos afectados. En estadios más avanzados los síntomas se extienden a las hojas interiores y se produce la podredumbre de la base. Algunas especies del patógeno causan infección en condiciones de suelo saturado y temperaturas frescas (Melegari, 2015).

4.12. Plagas

Larvas de Lepidópteros comedores de hojas (*Plusia gamma* L., *Laphygma exigua* Hb y *Spodoptera littoralis* Boisduval.): resultan graves en el caso de lechugas arrepolladas si se produce antes del arrepollado. La herida que crea puede desencadenar posteriores podredumbres.

Gusanos grises (*Agrotis* sp): atacan a las lechugas cuando son jóvenes, devorando el tallo e incluso las hojas.

Mosca blanca de los invernaderos (*Trialeurodes vaporariorum* Westw).

Pulgones diversos (*Myzus persicae* Sulz, *Macrosiphun solani* Kittel, *Pemphigus bursarius* L.): Algunas especies pueden atacar raíces. Además de los daños directos son grandes transmisores de virosis (Alvarenga, 2018) .

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación geográfica

El experimento se realizó en el módulo experimental de Acuaponía San Pedro Apóstol, en la Universidad Católica Del Trópico Seco UCATSE de Estelí, Ubicada en el km 166½ carretera panamericano norte (Figura 1), la altitud del lugar es de 867 msnm con temperaturas promedio anuales de 22°C y precipitación anual de 879 mm, con humedad relativa de 58% a 79%, con velocidad de viento de 0.6 a 0.7 m/s (INETER, 2015).

5.2. Población y muestra

La población estuvo compuesto por tres técnicas de producción acuapónicas, bajo un sistema de producción protegido (invernadero) el cual mide 15 metros de largo por 9 metros de ancho por 6 metros de alto y a campo abierto, se evaluaron 2 variedades de lechuga. La población de plantas de lechuga fueron de 886 plantas (443 de variedad Auvona y 443 de variedad impulsión) distribuidos en 18 unidades experimentales, de las cuales 90 fueron tomadas como muestra, es decir 5 plantas experimentales.

5.3. Cielo abierto

Se establecieron 3 surcos con una distancia de 70 cm de separación entre cada surco y una altura de 25 cm, contemplando una distancia de 15 cm entre planta y planta de lechuga con un estimado de 240 plantas. Tomando en cuenta que se estableció un sistema de riego por goteo con cintas de media pulgada de diámetro, en cada uno de los surcos utilizando agua del pozo que abastece las pilas de Acuaponía antes de ser utilizadas en la recirculación (agua limpia).

5.4. Tratamientos

T1: Variedad Auvona 30 plantas + NFT horizontal (técnicas de película nutritiva) 2 unidades experimentales y se tomó como muestra 5 plantas por unidad experimental para un total de 10 plantas en este tratamiento.

T2: Variedad Auvona 30 plantas + NFT vertical, 2 unidades experimentales y se tomó como muestra 5 plantas por unidad experimental para un total de 10 plantas en este tratamiento.

T3: Variedad Auvona 30 plantas + canaletas, 2 unidades experimentales y se tomó como muestra 5 plantas por unidad experimental para un total de 10 plantas en este tratamiento.

T1: Variedad Impulsión 30 plantas + NFT horizontal (técnicas de película nutritiva) 2 unidades experimentales y se tomó como muestra 5 plantas por unidad experimental para un total de 10 plantas en este tratamiento.

T2: Variedad Impulsión 30 plantas + NFT vertical, 2 unidades experimentales y se tomó como muestra 5 plantas por unidad experimental para un total de 10 plantas en este tratamiento.

T3: Variedad Impulsión 30 plantas + canaletas, 2 unidades experimentales y se tomó como muestra 5 plantas por unidad experimental para un total de 10 plantas en este tratamiento.

5.5. Definición de variables con su operacionalización

Los sistemas se evaluarán con la técnica de película nutritiva (NFT) vertical y horizontal utilizando como testigo lechuga a cielo abierto en el Módulo Experimental de Acuaponía, UCATSE (ver tabla 1)

1 **Tabla 1. Matriz de conceptualización y operación de las variables de estudio**

Objetivos	Variables	Definición conceptual	Indicadores	Medida de expresión	Fuente	Instrumento
Identificar las características físico químicas del agua en los sistemas de producción acuapónica	pH del agua de riego	Logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrogeno en una solución	Coficiente del grado de acidez o basicidad (0-14)	del Escala	Agua	Equipo Fotocolorímetro
	Nitrógeno	Son las concentraciones de nitratos y nitritos utilizando colorimetría con el equipo Photometers YSI 9300	Nitritos Nitratos	org /L	Agua	Prueba Nitratest Equipo Fotocolorímetro
	Temperatura	Dicha magnitud está vinculada a la noción de frio (menor temperatura) y caliente (mayor temperatura).	Disponibilidad de agua	Grado°	Agua	Hoja de campo
Determinar el grado de adaptación de dos variedades de (<i>Lactuca sativa</i>), bajo los sistemas de producción acuapónicos con las	Número de hojas	Cantidad de hojas que nacen sobre el tallo	Número de hojas por planta	unidad	Unidad experim ento	Hoja de campo
	Altura de la planta	Es la medición con cinta métrica, desde la base de la	Cantidad de cm desde la base de la raíz	cm cm	Unidad experim ental	Hoja de campo y cinta métrica

Objetivos	VARIABLES	Definición conceptual	Indicadores	Medida de expresión	Fuente	Instrumento
técnicas de canaleta (Película nutritiva), NFT (vertical y horizontal)	Incidencia de enfermedades	Es el número de casos nuevos de una enfermedad en una población determinada y en un periodo determinado.	Número de casos nuevos de una enfermedad en la población determinada	Unidad	Unidad experimental	Hoja de campo número de enfermedades
	Peso	El peso de las variedades de Lechuga, al momento de la cosecha	Cantidad de gr por planta	gr	Unidad experimental	Hoja de campo y báscula
Calcular la huella hídrica para la producción de (<i>Lactuca sativa</i>), bajo condiciones de Acuaponia con las técnicas de canaletas, NFT (vertical - horizontal) y a cielo abierto	Huella hídrica	Indicación del consumo de agua dulce	Consumo de agua	litros	Agua	Hoja de campo Beacker Regla

5.6. Diseño experimental

El diseño que se utilizó para el estudio es un Diseño Bifactorial de parcelas divididas agua de Acuaponia y a cielo abierto con tres tratamientos, dos variedades y tres repeticiones, (factor A, factor B y repeticiones respectivamente) para un total de 18 unidades experimentales.

Los factores fijos se conformarán en niveles cualitativos representados de la siguiente manera:

Factor A (Especie) Variedad Romana Auvona

Variedad Impulsión

Factor B (Técnica) Canaleta

NFT vertical

NFT horizontal

El modelo para un experimento con estructura factorial de tratamientos está definido por dos factores cruzados, sin estructura de parcelas, es decir siguiendo un diseño completamente aleatorizado para asignar los tratamientos a las UE, y suponiendo falta de interacción (modelo aditivo) es el siguiente:

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

Con $i=1,\dots,a$; $j=1,\dots,b$

Donde:

Y_{ij}: Valor de carácter estudiado

μ: Media general

α_i: Efecto del genotipo

β_j: Efecto del bloque dentro de repetición

ε_{ij}: Efecto aleatorio del error

5.7. Selección de las técnicas o instrumentos para la recolección de los datos

Para la toma de datos se implementó la técnica de la observación aplicando la hoja de campo como instrumento, permitiendo registrar los datos de las variables. El levantamiento de datos se realizó cada 10 días y se midieron las plantas al azar con el uso de pie de rey (el calibre), pesa y estos datos se registraron en la hoja de campo, después del establecimiento del ensayo. Se hizo medición de nitratos y nitritos esto con la ayuda de fotocolorímetro modelo YSI 9300.

5.8. Nitratos y Nitritos

Estos se determinan mediante el fotocolorímetro modelo 9300

Reactivos y equipo para determinar Nitratos

- YSI Nitratest Polvo (Cuchara Pack)
- YSI tabletas Nitratest
- YSI tabletas Nitricol
- YSI Nitratest Tube, 20 ml (PT 526)
- Ronda Tubos de ensayo, 10 ml (PT 595)

Procedimiento de prueba

- 1- Llenar el tubo Nitratest con la muestra hasta la marca de 20 ml.
- 2- Agregar una cucharada nivel de Nitratest polvo y una tableta Nitratest. No triture la tableta. Sustituir tapón de rosca y agitar bien el tubo durante un minuto.
- 3- Deje tubo durante aproximadamente un minuto y luego invierta suavemente tres o cuatro veces para ayudar a la floculación. Permitir tubo durante dos minutos o más para asegurar la solución completa.

- 4- Extraer el tapón roscado y limpie alrededor de la parte superior del tubo con un pañuelo de papel limpio. Cuidadosamente decantar la solución clara en un tubo de ensayo redonda, llenando hasta la marca de 10 ml.
- 5- Añadir una tableta Nitricol, triturar y mezclar hasta disolver.
- 6- Reposar durante 10 minutos para permitir el desarrollo completo de color.
- 7- Tome lectura del fotómetro.

Reactivos para determinar Nitritos

Reactivos y equipo

- YSI tabletas Nitricol
- Ronda de tubos de ensayo, 10 ml de vidrio (PT 595)

Procedimiento de prueba

- 1- Llene el tubo de ensayo redonda con la muestra hasta la marca de 10 ml.
- 2- Agregue una tableta Nitricol, triturar y mezclar hasta disolver.
- 3- Reposar durante 10 minutos para permitir el desarrollo completo de color.
- 4- Tomar lectura del fotómetro.

5.9. Procedimiento para el análisis de resultados

El procesamiento se realizó mediante la tabulación de datos en Microsoft Excel. Y el análisis estadístico con el paquete INFOSTAT versión estudiantil, Las variables numéricas fueron analizadas estadísticamente con la prueba de Normalidad (Kolmogorof) y homogeneidad de la varianza a través de Duncan.

5.10. Manejo del cultivo en el experimento

El ensayo se estableció bajo condiciones controladas de invernadero, estableciendo la infraestructura de las técnicas de producción de Lechuga, en las que se llevaron a cabo actividades básicas como el monitoreo de plagas, recirculación de agua procedente de

Acuaponía por cada una de las técnicas. Por otro lado, se realizó un análisis calculando, análisis de Nitrito y Nitrato en el agua proveniente del sistema de acuapónico.

5.10. Pasos para la recirculación de agua

Encender la bomba número 1, ubicada en la pila número diez, Llenado del filtro de Nicalit, que retiene sólidos de los desechos de los peces, se traslada el agua a las pilas del túnel pequeño (junior), se abre la llave de 1/2 pulgada para que el agua caiga en el tanque de recepción de agua blanco, Se enciende la bomba número 2, para expulsar el agua hacia el túnel grande parte este, Llegando el agua al túnel San Pedro Apóstol, las llaves deben de estar abiertas para garantizar el nivel de agua, se abren las llaves parte este de los tubos y revisar que no estén taqueadas de sedimentos, captar agua en el barril negro hasta que este el tanque lleno, Encender la bomba número 3, revisar que el cheque no quede seco, si esta bomba no levanta se le agrega agua y Envía el agua hacia la pila 10 de acuaponía que es de donde se está alimentando el sistema.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Características físico químicas del agua

6.1.1. Nitritos y nitratos

Los valores de nitritos y nitratos oscilaron en 0.088 y 0.94 mg/l respectivamente, lo que significa que hay poco nitrógeno disponible para la planta que ayudara al desarrollo vegetativo.

Según un estudio realizado por (Carrasco, Tapia, & Urrestarazu, 2006) en 4 variedades de lechuga de hoja suelta evaluadas en los sistemas acuaponicos NFT y balsa flotante, tuvieron un resultado de 2.2 mg/l y de 2.7mg/l.

6.1.2. pH

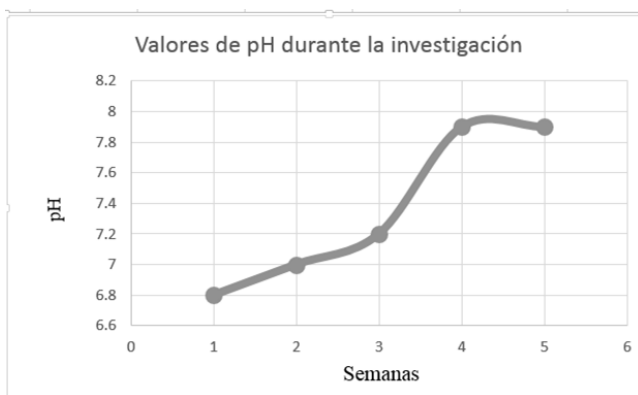


Figura 1. pH del agua durante la investigación

Los valores de pH observables en la tabla 1, se mantuvieron en la mayoría del tiempo entre 6.8 y 7.9, con una media de 7.36, y según la (FAO, 2015) el rango debe oscilar entre 6-7 para una buena producción de lechuga. Sin embargo se atribuye este elevado nivel, dado que se ha demostrado que las heces de las tilapias son ricas en microminerales como calcio y magnesio (Victor Castillo, 2014).

6.1.3. Temperatura

La temperatura del agua en la investigación presentó 26.8°C, se realizó una medición en el transcurso del ensayo que duro 30 días.

La temperatura del agua para la circulación en los sistemas acuaponicos debe ser entre 25.5 y 28°C ya que la lechuga es de climas frescos y las elevadas temperaturas pueden causar un estrés que dificulte su desarrollo, sobrepasando los 32°C. (W, Simón, & Zafra, 2014)

Cuando la temperatura disminuye a los 15°C los peces dejan de comer y cuando desciende a menos de 12°C los peces no sobreviven mucho tiempo, debajo de 23°C su desarrollo es lento o retardado debido a un descenso en su tasa metabólica, cuando la temperatura del agua sobrepasa los 32°C, los peces y camarones tendrán metabolismos muy acelerados. (González & Rivera, 2013)

6.2. Grado de adaptación

A través del proceso de investigación que se realizó de febrero a marzo del año 2020 podemos observar que la evaluación de las variedades de *Lactuca sativa*, bajo un sistema de producción acuapónico con la técnica NFT y canaletas, en el Módulo Experimental “San Pedro Apóstol”, se realizó el levantamiento de datos en campo para valorar cada una de las variables propuestas.

6.2.1. Numero de hojas

Al comparar la cantidad de hojas entre las variedades y los tratamientos, se encontró que la media para la variedad impulsión en la técnica de NFT horizontal fue de 24.7, seguido de la variedad auvona en la técnica de canaletas con un numero de hojas de 22.67, por último, se observa que la variedad impulsión tiene 21.60. Los resultados de esta investigación fueron superiores a Velasco, Aguirre, & Ortuño, (2016), quienes obtuvieron promedios de numero de hojas de 14.85 como máximo; e inferiores a Leiva, Peña, Vilca, & Neri (2018), que, con la variedad arrepollada TONYA obtuvieron 43.08 hojas, y en la variedad suelta CURLY GREEN, 42.8 hojas.

En la **Figura 2** se muestra como la variedad de lechuga impulsión (2.00) en la formación de hojas responde mejor en la técnica de NFT horizontal (3.00) con 24.7, que en relación a la técnica de canaletas (1.00) que presenta 22.67 hojas y para la técnica NFT vertical (2.00) 21.60.

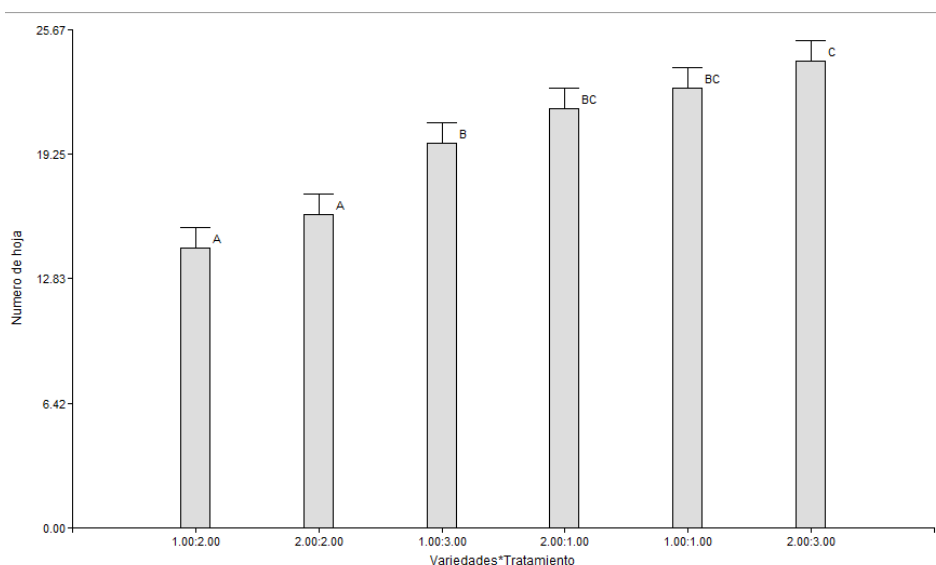


Figura 2. Número de hojas promedio tomado a los 30 días después del trasplante.

Largo de la hoja

Tal como se evidencia en la **figura 3**, los valores medios para el largo de la hoja son más altos en la técnica de canaletas (1.00) que obtuvo los mayores resultados con la variedad auvona (1.00) y esta demostró un mayor largo de hojas en las tres técnicas siendo superior a la variedad impulsión (1.00)

El promedio de largo de la hoja más alto es de la variedad auvona en la técnica de canaletas 17.80cm, seguido de la variedad auvona en la técnica NFT horizontal con 15.53cm y por último la variedad auvona en la técnica NFT vertical 15.23cm (Figura 2).

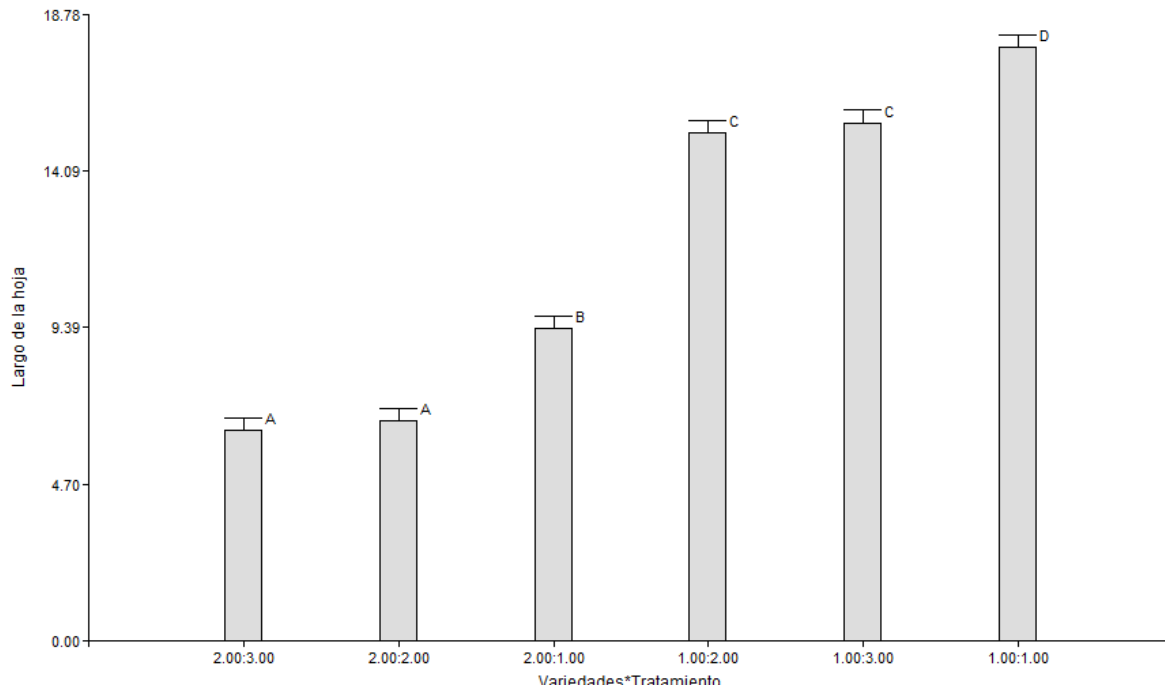


Figura 3. Largo promedio de las plantas tomadas a los 30 días después del trasplante.

Una investigación realizada por Barrios (2004), usando una variedad de lechuga suelta y dos arpeolladas en sistema NFT, encontraron que, las variedad de hoja suelta tenía un largo superior (23 cm), en comparación con las otras dos (19.98 y 19.41 cm respectivamente). La variedad auvona presenta un largo de la hoja superior a la variedad impulsión, sin embargo, con estos resultados la variedad auvona tuvo mayores limitantes en el desarrollo vegetativo ya que esta no logro ensanchar sus hojas. En relación al sistema de canaletas Pereda (2015), encontró que la variedad de hoja suelta Waldman Green presenta un largo superior (36.55 cm) a la Green lakes (32.99 cm), similar al presente informe.

6.2.2. Peso de las lechugas

En la figura 4 se muestra como el peso de la lechuga es mayor en la técnica canaletas (1 y 2) teniendo un promedio mayor en la variedad impulsión (2) 71.4g seguido de la técnica NFT horizontal (5 y 6) con la variedad auvona demostrando 54.6g y por último la técnica NFT vertical con un mayor peso en la variedad impulsión de 43.86g

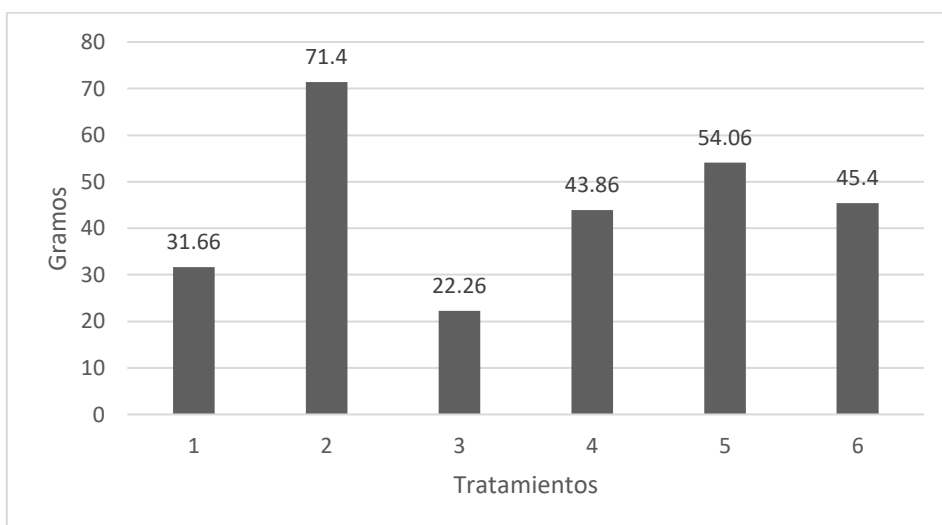


Figura 4. Peso promedio de la lechuga tomado a los 30 días después del trasplante

Leiva, Peña, Vilca, & Neri (2018) comparando 11 variedades de lechugas en sistema NFT, encontraron que la variedad Curly Green (de hoja suelta como la AUVONA usado en esta investigación), fue superior a las demás (203.36 gr), seguida por la variedad TONYA (185.05 gr) (arrepollada como la IMPULSION); comportamientos contrarios obtuvo Cruz (2016), que la variedad arrepollada GRET LAKES fue superior (134.13 gr) en relación a la variedad de hoja suelta White Boston (97.85 gr); los datos de peso de esta investigación se comportaron igual que este último autor. Pereda (2015), indica que no existe diferencia entre las variedades usando el sistema de canaletas, obteniendo un peso promedio de 228.93 gramos.

Resultado de las tres técnicas

Los resultados en las variables medidas en relación con las dos variedades Auvona e impulsión en las técnicas (Canaleta, NFT horizontal- vertical) mostraron que la técnica de canaleta con la variedad impulsión obtuvo los más altos promedios en cuanto a variables debido a que recibe una mejor recirculación y el espacio donde se coloca la plántula es más grande en comparación a las otras técnicas.

Costos de producción

El costo de producción de la técnica canaletas resultó ser sustancialmente mayor, alcanzando una suma de 144.89 dólares, es decir 2.22 dólares por planta, para la técnica NFT horizontal tiene un costo de 188.25 dólares, es decir 1.36 dólares por planta y por último esta la técnica NFT vertical que tiene un costo de 244.50 dólares que equivale a 1.01 dólares por planta (**ver Anexo 5**). En cuanto a inversión la técnica NFT tiene un costo mayor debido a que es diseñada en metal, aproximándose a los 244.50 dólares, pero en relación a que esta técnica tiene más capacidad de plantas, disminuye el costo unitario por cada planta, que en relación a la técnica canaletas que ascendió a los 144.89 dólares y la técnica NFT horizontal con 188.25 dólares.

6.3. Huella hídrica

6.3.1. Técnicas acuapónicas

El consumo de agua estimado en 443 plantas de lechuga establecida en tres sistemas de producción acuapónico los cuales son, sistema horizontal, sistema vertical, en canaletas y un testigo (cielo abierto) con manejo tradicional para determinar el consumo de agua en los sistemas NFT y a cielo abierto.

Los sistemas NFT se abastecían de la pila número 10 ubicada en el módulo de acuaponía la cual cuenta con una dimensión en la parte alta 90 cm de altura en la parte media 96 cm de altura en la parte baja 100 cm de ancho 4 metros y de largo 8 metros con una capacidad de almacenamiento de 32000 litros de agua.

El proceso de recirculación de se llevó a cabo por un periodo de tiempo de dos horas en promedio en la recirculación se pierde un centímetro cúbico en la pila número 10 antes

mencionada. Según (Benavidez & Bladón, 2019) un centímetro de agua en la pila número 10 equivalente a 100 litros de agua.

Los 100 litros de agua se dividen entre la cantidad de plantas las cuales son 443 por los 30 días que se trabajó en los sistemas NFT nos da un total de 6,77 litros de agua para producir una planta de lechuga en este tiempo que es el estimado para su cosecha.

6.3.2. Cielo abierto

Se establecieron 240 plantas de lechuga distribuidas en 120 auvona y 120 impulsión con un manejo agronómico tradicional.

Se tomó un recipiente (Beakers) en promedio se captó una muestra de 262 cc en un periodo de tiempo de 15 minutos lo cual equivale a 2.1 litros en dos horas de riego divididas en dos tiempos, una hora por la mañana y una por el atardecer, con un estimado de 63 litros para la producción de una lechuga en todo su ciclo de 30 días con un riego diario.

VII. CONCLUSIÓN

Las características químicas del agua en los sistemas de producción acuapónica fue: En nitratos 0.088 mg/l, nitratos 0.94 mg/l, temperatura 26.8°C y pH 6.7.

La adaptación de las dos variedades de (*Lactuca sativa*), bajo los sistemas de producción acuapónicos con las técnicas de canaleta (Película nutritiva), NFT (vertical y horizontal) fue muy buena obteniendo un peso de 31.66 gramos con la variedad auvona y 71.4 gramos con la variedad impulsión en canaleta que es la técnica donde mejor se adaptaron.

Los resultados de huella hídrica en los sistemas NFT nos da un total de 6,77 litros de agua para producir una planta de lechuga en este tiempo que es el estimado para su cosecha y a cielo abierto con un estimado de 63 litros para la producción de una lechuga en todo su ciclo de 30 días con un riego diario.

VIII. RECOMENDACIONES

Recircular el agua, a las menos tres veces al día por dos horas en el cultivo de lechuga para aprovechar los desechos metabólicos de los peces

Para mejorar el desarrollo vegetativo e incrementar el comportamiento productivo del cultivo durante todo el año, se tendrá que mejorar con algunos equipos de infraestructura (invernadero) tales como: ventiladores, extractores de aire, o abertura cenital para expulsar el aire caliente y el dióxido de carbono, instalar nebulizadores para regular la temperatura dentro del invernadero, instalar maya sarán móvil que genere alto grado de sombra en los momentos en que el clima provoque altas temperaturas y alta luminosidad.

Por los resultados obtenidos se recomienda utilizar los sistemas acuaponicos por el mejor aprovechamiento del recurso agua ya que a cielo abierto se necesita más agua para la producción del cultivo.

IX. BIBLIOGRAFÍA

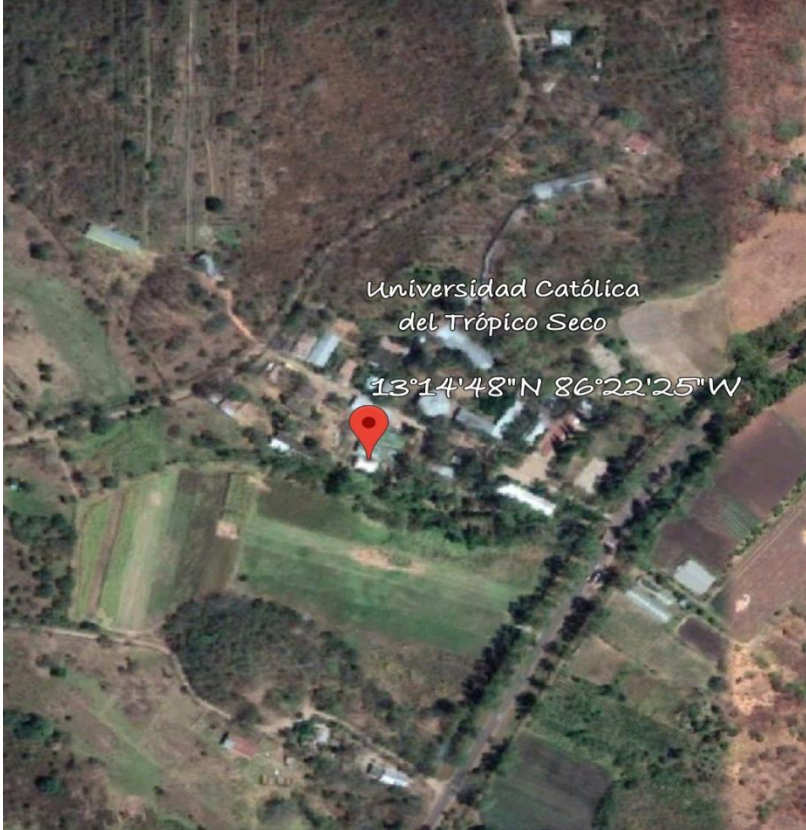
- Alessandro, M. (7 de septiembre de 2014). *Flores*. Obtenido de <https://www.flores.ninja/escarola/>
- Alvarenga, A. (3 de Diciembre de 2018). *Agroes*. Obtenido de <http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/lechuga/403-lechugas-plagas-enfermedades-cultivo>
- Anderson, P. (9 de Maro de 2019). *Hydro Environment*. Obtenido de https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=101
- Barneto, J. (17 de Enero de 2015). *Asesoramiento en agricultura biodinámica y ecológica KVARCON*. Obtenido de <https://kvarcon.wordpress.com/2015/01/17/lechuga-iceberg-la-peor-lechuga-para-tu-dieta/>
- Barrios, N. (2004). *Evaluacion del cultivo de lechuga bajo condiciones hidropónicas en Pachali, San Juan Sacatepequez, Guatemala*. Sacatepequez, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2071.pdf
- Benavidez, J., & Bladón, R. (2019). *Evaluacion de dos variedades de fresa mediante tres tipos de tecnicas de produccion de acuaponia*. Estelí: Ucatse.
- Carrasco, G., Tapia, J., & Urrestarazu, M. (2006). contenido de nitritos y nitratos en sistemas hidropónicos. Scielo.
- Cruz, A. (2016). Evaluación de Tres Variedades del Cultivo de Lechuga (*Lactuca Sativa* L.) en Dos Sistemas de Hidroponía Bajo. *Ventana Científica*, 31-39.
- FAO. (11 de agosto de 2015). *Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación* . Obtenido de <http://www.fao.org/zhc/detail-events/es/c/325888/>
- García, A. (2017). *EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE 11 CULTIVARES DE LECHUGA TIPO ICEBERG*. Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS GUATEMALA .
- Garcia, V. (20 de Febrero de 2019). *Cuerpo y Mente*. Obtenido de <https://www.cuerpomente.com/guia-alimentos/lechuga>
- González, D. J., & Rivera, H. I. (2013). *Efectos de dos dietas de alimentación (Comercial y experimental) sobre el crecimiento e las tilapias (Oreochromis niloticus) en sistemas de recirculación con filtros Biológicos*. Tesis para optar al Título de Ingeniería Acuícola , Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-León , León Nicaragua. Recuperado el 05 de Julio de 2019
- INETER. (1 de Octubre de 2015). *Instituto de estudios territoriales* . Obtenido de <https://www.ineter.gob.ni/>

- INTA. (1 de Octubre de 2018). *Intituto Nicaraguense de Tecnologia Agropecuaria*. Obtenido de <https://www.inta.gob.ni/project/cultivo-de-lechuga/>
- Laserna, S. (24 de 4 de 2018). *Agroes*. Obtenido de <http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/lechuga/402-lechugas-descripcion-morfologia-y-ciclo>
- Leiva, S., Peña, A., Vilca, N., & Neri, J. (2018). Comportamiento productivo de 11 variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema hidropónico NFT. *Rev. de investig. agroproducción sustentable*, 50-5. doi:DOI:10.25127/aps.20181.384
- Marchán Pérez, L. A. (2014). *Dinàmica del Biofloc en cultivo intensivo de post- larva del camaron blanco Litopenaeus vannamei en sistema de raceways, taura*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad, Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Melegari, A. (2015). *Relevamiento y diagnóstico a campo de plagas y enfermedades endémicas bióticas y abióticas en cultivos de lechuga bajo cubierta en el cinturón hortícola de Mar del Plata*. Argentina: INTA.
- Pereda, Y. (2015). *Evaluacion del rendimiento de tres cultivares de Lactuca sativa L. em sistema hidroponico a raiz flotante en Santiago, La libertad*. Universidad Nacional de Trujillo, Santiago de Chuco, Perú. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/7784/PEREDA%20GIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pingel, J. (8 de octubre de 2019). *Rijk Zwaan*. Obtenido de www.rijkszwaan.es
- Rocalba. (4 de Mayo de 2017). *Rocalba*. Obtenido de <https://www.rocalba.es/es/horticolos/958-lechuga-grandes-lagos-118.html>
- Saavedra, G., Corradini, F., Antúnez, A., Felmer, S., Estay, P., & Sepúlveda, P. (2017). *Manual de produccion de lechuga*. Santiago : INIA La Platina.
- Sink, T. (2016). *Que es Acuaponía*. Houston: Texas A&M Agrilife.
- Soria, C. M. (2014). *Dinámica del nitrógeno en bioreactores de un sistema*. Lima Perú: Universidad Nacional Agraria.
- Velasco, J., Aguirre, G., & 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.
- Victor Castillo, S. S. (2014). *Efecto de dos dietas comerciales: alimento de tilapia vs alimento de camarones, sobre el crecimiento de tilapia Oreochromis niloticus en condiciones experimentales de invernader*. Leon, Nicaragua: UNAN-Leon. Obtenido de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/6595/1/237993.pdf>

W, E., Simón, M., & Zafra, A. (2014). *Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga, Lactuca sativa, con efluentes de cultivo de tilapia*. Trujillo: Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas.

X. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del ensayo



Anexo 2. Diseño experimental

El diseño consiste en 2 tratamientos con 3 repeticiones por 3 sistemas (2x3x3) para un total de 16 Unidades Experimentales (UE). Diseño Bifactorial

Parcelas divididas

Factor A (Especie) Variedad Romana Auvona

Variedad Impulsión

Factor B (Técnica) Canaleta

NFT vertical

NFT horizontal

Anexo 3. Hoja de campo

Factor A _____ Factor B _____ Tratamiento _____

Fecha _____ N de muestreo _____

N planta	Altura de la planta	N de hojas	Peso de la planta	Incidencia de enfermedades	Huella hídrica
1					
2					
3					
4					
5					
Promedio					

Anexo 4. Fotografías del ensayo



Foto 1. Preparación para el establecimiento del ensayo



Foto 2. Trasplante de las plántulas de lechuga a cada una de las técnicas



Foto 3. Establecimiento de lechuga en las tres técnicas evaluadas, canaletas, NFT vertical y horizontal

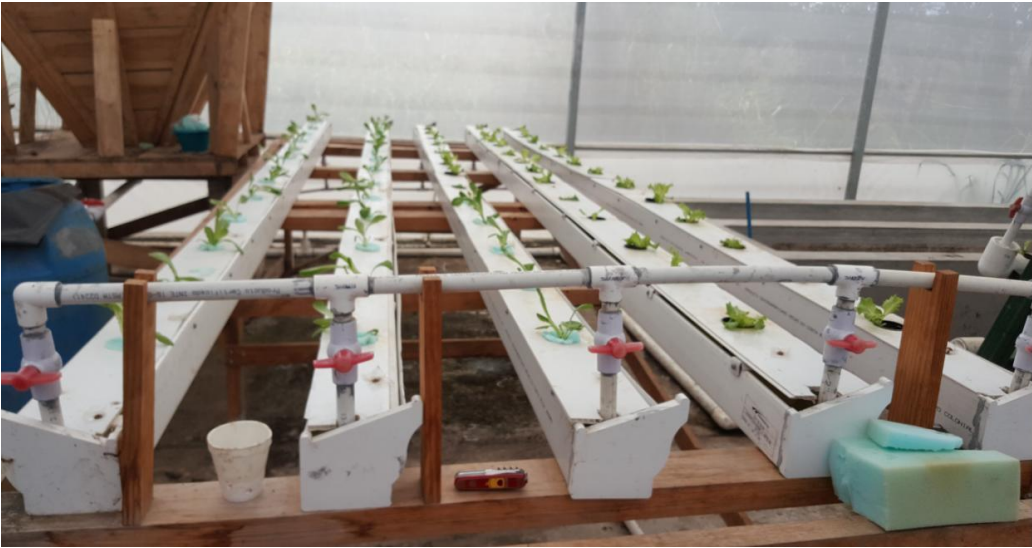


Foto 4. Técnica de canaletas



Foto 5. Técnica NFT vertical



Foto 6. Técnica NFT horizontal



Foto 7. Recolección de datos en cada una de las variables



Foto 8. Pesado de la variedad de lechuga impulsión en las 3 técnicas evaluadas



Foto 9. Pesado de la variedad de lechuga Auvona en las 3 técnicas evaluadas



Foto 10. Nitritos y nitratos disueltos en el agua.



Foto 11. Instrumentos utilizados durante las pruebas



Foto 12. Resultado de pH y temperatura.



Foto 13. Establecimiento de lechuga a cielo abierto



Foto 14. Auvona cielo abierto



Foto 15. Impulsión a cielo abierto

Anexo 5. Inversiones y costos directos de producción para plantas de lechuga en diferentes técnicas evaluadas

Inversión Técnica NFT vertical						
ítem	Concepto	Detalle	UM	Cantidad	C/U	Total (US \$)
1	Tubo angular	De 2 pulgada	m	4	9.38	37.50
2	Solvente	tipo mineral	L	2	7.44	14.88
3	Pintura	verde	L	2	11.16	22.31
4	Disco para cortar metal	18 "	un	1	1.94	1.94
5	Soldadura	servicio	global	1	46.88	46.88
6	Tubo de plástico	De 3 pulgada	m	12	6.00	72.00
7	Codo plástico	De 3 pulgada	udes	12	3.00	36.00
8	Reductor de plástico	De 3 a 1 1/2 pulgadas	udes	6	1.25	7.50
9	Tubo plástico	De 1 1/2 pulgadas	udes	1	2.50	2.50
10	Tee plástica	De 3 pulgadas	m	1	3.00	3.00
TOTAL						244.50

Inversión Técnica NFT horizontal						
ítem	Concepto	Detalle	UM	Cantidad	C/U	Total (US \$)
1	Tubo angular	De 2 pulgada	m	4	9.375	37.50
2	Solvente	tipo mineral	L	2	7.4375	14.88
3	Pintura	verde	L	2	11.15625	22.31
4	Disco para cortar metal	18 "	un	1	1.9375	1.94
5	Soldadura	servicio	global	1	46.875	46.88
6	Tubo de plástico	De 3 pulgada	m	6	6	36.00

7	Reductor de plástico	De 3 a 1 1/2 pulgadas	udes	6	1.25	7.50
8	Tapón plástico	De 3 pulgadas	udes	6	3.125	18.75
9	Tubo plástico	De 1 1/2 pulgadas	udes	1	2.5	2.50
TOTAL						188.25

Inversión Técnica Canaletas						
ítem	Concepto	Detalle	UM	Cantidad	C/U	Total (US \$)
1	Canales PVC	De 4 pulgadas	Unidad	5	18.81	94.05
2	Madera	4x2	Unidad	6	3.44	20.64
3	Pega PVC	¼ L	L	1	2.72	2.72
4	Tornillo	3 1/2 "	Unidad	36	0.22	8.26
5	SERRUCHO	15 "	Unidad	1	7.17	7.17
7	Tubo plástico	De ½ pulgada	Unidad	1	2.05	2.05
8	llave de pase	De ½ pulgada	Unidad	10	1.00	10
TOTAL						144.89