

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

TEMA

IMPLEMENTACIÓN DE LUCES LED EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa*) EN SISTEMA ACUAPÓNICO CON ESPECIES DE TILAPIA (*Oreochromis spp*)

AUTOR

LÓPEZ CEDEÑO CRISTOPHER YANDRY

TUTOR

BLGO. VÍCTOR ALCÍVAR ROSADO, Mg.

**MANTA – MANABI – ECUADOR
2021**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Ensayo académico presentado al consejo directivo de la facultad de Ciencias Agropecuarias como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Declara que se:

Aprobó el ensayo académico, “**implementación de luces leds en el cultivo de lechuga (*Lacuta sativa L.*) en sistema acuapónico con especies de tilapia (*Oreochromis spp.*)**”, que ha sido sustentado por **López Cedeño Cristopher Yandry**, de acuerdo con el reglamento para elaboración de ensayo académico de tercer nivel de la universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí.

Blgo. Abraham Velásquez Ferrin, Mg

Presidente del Tribunal

Ing. Byron Alcívar Arteaga, Mg
Miembro del Tribunal

Ing. Miguel Reyes Zambrano, Mg
Miembro del Tribunal

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Blgo. Víctor Alcívar Rosado MSc Certifica haber tutelado la tesis “**Implementación de luces led en el cultivo de lechuga (*Lacuta sativa*) en sistema acuapónico con especies de tilapia (*Oreochromis spp*)**”, que ha sido desarrollada por López Cedeño Cristopher Yandry, egresado de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, de acuerdo con el **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL, DE LA ULEAM.**

Blgo. Víctor Alcívar Rosado, Mg

Tutor de Tesis

DERECHOS INTELECTUALES

Yo López Cedeño Christopher Yandry declaro que soy responsable de las ideas, procesos y resultados expuestos en el **trabajo de titulación modalidad proyecto de investigación y desarrollo**, y que el patrimonio intelectual pertenece exclusivamente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

López Cedeño Christopher Yandry

C.I. 1315172732

©2021, López Cedeño Christopher Yandry

Se autoriza la reproducción del documento total o parcial, con fines académicos por cualquier medio o procedimiento incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca los derechos de autoría.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer siempre a Dios por tanta fuerza brindada, quiero agradecer a mi familia, a mi madre la Sra Sobeida Cedeño Intriago, a mi padre el Sr Mario López Cevallos y hermano el Sr Bryan López Cedeño, a mis tíos, primos y amigos que siempre están ahí junto a mí en mi vida, así mismo en el camino estudiantil ayudándome aún más cuando decidí recorrer el arduo camino estudiantil, siempre están ahí y siempre estarán para brindarme de ellos todo lo posible para seguir adelante.

Le doy las gracias también a todos los docentes que en sus clases diarias al mismo tiempo que al desarrollar el proyecto fueron consejeros; Ing. María Virginia Mendoza, Ing. Dídimo Mendoza, durante el proceso en desarrollo del proyecto, gracias a sus conocimientos contribuyeron en al desarrollo de mis ideas y fomentarlo en el tema, así mismo quisiera agradecer a todos los docentes que formaron parte de mi proceso de aprendizaje desde el inicio hasta el final, al mismo tiempo quiero dar las gracias a las Srts. Dayanna Vera y Stefania Bravo, amigas incondicionales que, gracias a sus conocimientos, y apoyo incondicional me motivaron a concluir el tema, y un agradecimiento especial el Sr Adrián Bowen por su amistad y colaboración con un medio informático para continuar con el proceso de titulación.

De igual manera quiero agradecer muy amablemente al Blgo. Víctor Alcívar Rosado Mg, quien ha sido mi tutor durante el transcurso de todo mi proceso a titulación, cada reunión y cada momento que apporto de conocimiento fueron de mucha importancia para poder culminar mi proyecto.

Agradezco de corazón a quienes fueron mis docentes en este proceso de aprendizaje y obtención de conocimientos durante el transcurso de mi carrera universitaria, con ellos entendí que el intelecto se defiende siempre por lo que uno logra aprender y es una meta lograda cuando se logra transmitir a otros.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios, por ser parte de mi crecimiento como ser humano y como estudiante ayudándome a formarme como profesional enseñándome los requisitos y la importancia que tiene el siempre ser un luchador en la vida.

A mi persona, por ser alguien que a pesar de tener una discapacidad física en la región cervical siempre conto con fuerzas y motivación en el estudio, por la paciencia y dedicación que pude mostrar en este largo camino y por el que aún tengo por recorrer.

Dedico todo este proceso a familia a mi madre quien es mi mejor amiga desde que tengo memoria ella está ahí en mis mejores y peores momentos, a mi padre que siempre está ahí cuando lo necesito, a mi hermano quien más que un hermano es mi amigo y mi motivo para superarme a mí mismo tratando de ser un ejemplo para él.

Dedicare este proyecto a mis tíos y tías así también como a mis primos y amigos que siempre están ahí en momentos en los que necesitábamos ayuda, para escucharme y darme consejos de vida en el transcurso de mi carrera.

López Cedeño Cristopher Yandry

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	xi
SUMMARY.....	xii
I. ANTECEDENTES	xiii
II. INTRODUCCIÓN.....	1
III. MARCO TEÓRICO.....	3
3.1. Historia de la luz led	3
3.2. La luz led.....	3
3.3. Luz led en sistemas Agrícolas	4
3.4. Acuaponía	6
3.5. Historia de la Acuaponía.....	6
3.6. Generalidades del Cultivo de lechuga.....	8
3.7. Descripción botánica.....	9
3.7.1. Sistema radicular.....	9
3.7.2. Tallo	9
3.7.3. Hojas.....	9
3.7.4. Flores.....	9
3.7.5. Semillas.....	10
3.8. Requerimientos edafoclimáticos	10
3.8.1. Temperatura.....	10
3.8.2. Factor luminosidad	10
3.8.3. Altitud	11
3.9. Variedades de lechuga.....	11
3.9.1. Lechugas romanas.....	11
3.9.2. Lechugas acogolladas.	11
3.9.3. Lechuga de hojas sueltas.....	11
3.9.4. Lechugas esparrago	12
3.10. Valor nutricional.....	12
3.11. Cultivo hidropónico de lechuga.....	12
3.12. Plagas y enfermedades de la lechuga.....	13
3.13. Generalidades del cultivo de tilapia.....	14
3.13.1. Taxonómica de la tilapia	15
3.14. Morfología de la tilapia	15
3.15. Enfermedades	15
3.16. Manejo sanitario de producción de tilapia	17
a) pH:.....	17

b) Temperatura:	18
c) Amonio	18
3.13. Características ambientales.....	18
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
4.1. Formulación de preguntas de problema de investigación.....	20
V. JUSTIFICACIÓN	21
VI. HIPÓTESIS	22
6.1. H_0	22
6.2. H_a	22
VII. OBJETIVOS.....	22
7.1. Objetivo general.....	22
7.2. Objetivo específico	22
VIII. METODOLOGÍA.....	23
8.1. Ubicación.....	23
8.1.1. Características climatológicas.....	23
8.2. Método de investigación.....	23
8.3. Sistema Acuapónico con luz artificial	23
8.4. Instalación de sistema de iluminación artificial.....	24
8.5. Espectro radiante	25
8.6. Diseño de investigación	26
8.6.1. Material vegetal	26
8.6.2. Material Acuícola	27
8.6.3. Densidad de cultivo	27
8.7. Tratamientos.....	27
8.7.1. Tratamientos 1:	27
8.7.2. Tratamientos 2:	27
8.7.3. Experimento 3:	27
8.7.4. Experimento 4:	28
8.8. Variables Evaluadas	28
8.8.1. Longitud de planta	28
8.8.2. Peso de la planta	28
8.8.3. Numero de hojas por planta.....	28
8.9. Medición de temperatura.....	28
8.10. Medición de pH.....	29
8.11. Medición de Amonio y Amoniaco.....	29
8.12. Alimentación.....	29

8.9. Análisis de datos.....	29
8.10. Planteamiento:.....	30
IX. RESULTADOS Y DISCUSIONES	31
9.8. Estimación económica de sistema	51
X. CONCLUSIONES.....	53
XI. RECOMENDACIONES.....	54
XII. BIBLIOGRAFÍA.....	55
XIII. ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación taxonómica de la lechuga.....	8
Tabla 2: Nutrientes de la lechuga.....	12
Tabla 3: Plagas del cultivo de lechuga	13
Tabla 4: Enfermedades del cultivo de lechuga.....	14
Tabla 5: Clasificación taxonómica de la tilapia	15
Tabla 6: Ejemplo de tabla de datos para análisis de varianza	30
Tabla 7: Parámetros de temperatura, pH y Amonio.....	31
Tabla 8: Suma total y media de tratamiento por tratamiento.....	32
Tabla 9: Análisis de varianza a número de hojas de los tratamientos a los 25 días	35
Tabla 10: Análisis de varianza. altura en (cm) de los tratamientos a los 25 días	36
Tabla 11: Análisis de varianza de peso (g) de los tratamientos a los 25 días	37
Tabla 12: Total y media de los tratamientos al final del ciclo de cultivo (50 días)	39
Tabla 13: Análisis de varianza. número de hojas a los 50 días	41
Tabla 14: Análisis de varianza parámetro altura en (cm) a los 50 días	42
Tabla 15: Análisis de varianza parámetro peso en (g) a los 50 días.....	43
Tabla 16: Análisis de varianza parámetro incremento entre número de hojas	46
Tabla 17: Análisis de varianza parámetro altura en (cm).....	47
Tabla 18: análisis de varianza incremento de peso por tratamientos	49
Tabla 19: Estimación económica del sistema acuapónico.....	51
Tabla 20: Estimación de valor en iluminación artificial	52
Tabla 21: Estimación económica cultivo de tilapia.....	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Modelo en 3D sistema acuapónico	24
Gráfico 2: Modelo en 3d de proyecto acuapónico con luces leds	25
Gráfico 3: Numero de hojas por tratamiento a los 25 días	33
Gráfico 4: Peso en (g) por tratamiento a los 25 días	33
Gráfico 5: Altura en (cm) por tratamiento a los 25 días	34
Gráfico 6: Análisis de varianza número de hojas a los 25 días del cultivo	35
Gráfico 7: Análisis de varianza de Altura en (cm) a los 25 días	37
Gráfico 8: Análisis de varianza de peso (g) a los 25 días	38
Gráfico 9: Número de hojas al final del ciclo de cultivo (50 días)	40
Gráfico 10: Altura en (cm) al final del ciclo de cultivo (50 días)	40
Gráfico 11: Peso en (g) al final del ciclo de cultivo (50 días)	41
Gráfico 12: Promedio del número de hojas a los 50 días	42
Gráfico 13: Promedio de altura en (cm) a los 50 días	43
Gráfico 14: Promedio de peso (g) a los 50 días	44
Gráfico 15: Incremento en número de hojas por cada tratamiento	45
Gráfico 16: Incremento en altura (cm) por cada tratamiento	45
Gráfico 17: Incremento en peso (g) por cada tratamiento	46
Gráfico 18: Media de incremento en número del hojas por cada tratamiento	47
Gráfico 19: Media de incremento de altura (cm) por cada tratamiento	48
Gráfico 20: Media de incremento en peso (g) por cada tratamiento	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Parámetros de pH y amonio tratamiento 1.....	59
Anexo 2: Parámetros de pH y amonio tratamiento 2.....	59
Anexo 3: Parámetros de pH y amonio tratamiento 3.....	60
Anexo 4: Parámetros de pH y amonio tratamiento 4.....	61
Anexo 5: Localización geográfica del sitio experimental.....	62
Anexo 6: Construcción del sistema de protección e instalación del sistema de recirculación.....	62
Anexo 7: Protección con sarán 50 % de luminosidad.....	62
Anexo 8: Biofiltro.....	63
Anexo 9: Plántulas de lechuga.....	63
Anexo 10: Instalación y ajuste de tiras leds para sistema Acuapónico.....	63

Anexo 11: Comida para tilapia.....	63
Anexo 12: Sistema de alimentación y recirculación luego de biofiltro.....	63
Anexo 13: Deposito final de agua antes del retorno al sistema.....	64
Anexo 14: Imágenes de variedad de tilapia.....	64
Anexo 15: Implementación de cultivo de tilapia.....	64
Anexo 16: Punto final de la recirculación de agua.....	64
Anexo 17: Toma parámetro de pH.....	64
Anexo 18: Toma de parámetros de amonio.....	64
Anexo 19: Bomba sumergible para recirculación 38W.....	65
Anexo 20: Plántula con déficit de fuerza en el tallo.....	65
Anexo 21: Lechuga T1 en el sistema.....	65
Anexo 22: Lechuga T2 en el sistema.....	65
Anexo 23: Lechuga T3 en el sistema.....	65
Anexo 24: Lechuga T4 en el sistema.....	65
Anexo 25: Diseño en 3D de sistema acuapónico.....	66
Anexo 26: Plántulas de lechuga colocadas en el sistema de iluminación artificial.....	66
Anexo 27: Plantas de lechuga días antes de la cosecha.....	66

RESUMEN

Se conoce como Acuaponía a una combinación de producción sostenible de plantas y peces enfocándose en la acuicultura, se implementó el mecanismo de iluminación artificial bajo luces leds en un cultivo de lechuga con diferentes fotoperiodos, este proyecto se enfocó en la intervención de tecnología en el área de producción orgánica facilitando la producción en escasez lumínica, logrando un mejor sistema que muestre el mejor foto-periodo que se le pueda otorgar al cultivo y así minimizar el tiempo de producción. Se utilizó el método estadístico anova (análisis de varianza) donde muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos, mostrando como sobresaliente entre ellos al cuarto tratamiento en donde se implementó 18 horas de luz artificial y un 75 % de recambio de agua.

Palabras claves: Foto-periodo, Acuaponía. Luz artificial.

SUMMARY

A combination of sustainable production of plants and fish is known as Aquaponics, focusing on aquaculture, artificial lighting mechanisms were implemented under LED lights in a lettuce crop with different photo-periods, this project focused on the intervention of technology in the organic production area facilitating production in light scarcity, achieving a better system that shows the best photo-period that can be granted to the crop and thus minimizing production time. The anova statistical method (analysis of variance) was used where it shows that there are significant differences between the treatments, showing the fourth treatment as outstanding among them, where 18 hours of artificial light and 75% water exchange were implemented

Key words: Photo-period, Aquaponics. Artificial light.

I. ANTECEDENTES

Un sistema acuapónico es una combinación de sistemas productivos, en la antigua china haciendo referencia a datos de más de 1500 años, califica esta especie de sistemas como algo productivo que tomo importancia principalmente en zonas pobres al mejorar su actividad, dando oportunidad al doble sustento alimenticio. En Perú los incas desarrollaban una serie de estanques redondos y también ovalados que están situados cerca de sus hogares, dejando una isla en el centro para que posteriormente los gansos se alimenten de los peces, estos se colocaban cuando el estanque estaba lleno, así los gansos defecaban, y sus eses se descomponían en forma de fertilizantes aumentando la carga microbiana y mejor disponibilidad de nutrientes (Bañuelos 2017).

Los experimentos realizados en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*), muestran diferencias significativas entre los tratamientos, se obtiene un mayor crecimiento del cultivo bajo iluminaciones de color azul más un complemento de luz blanca, se registra un aumento de peso fresco, peso seco y número de hojas, demostrando que si se implementa una mayor intensidad de luz da como resultado una mejor calidad, se promueve un mayor crecimiento en el cultivo. La eficiencia energética en la producción de peso seco con respecto a la intensidad de luz acumulada se vio disminuida debido a que el suplemento de luz blanca proporcionó otros espectros electromagnéticos que no son tan eficientes en los procesos fotosintéticos en comparación con el rojo y el azul (Avendaño et al. 2020).

Se han realizado investigaciones con iluminación led donde se menciona que la luz blanca alternada entre luz roja y luz azul, esto otorga un posible manejo para muchos cultivos en ambientes controlados, por ejemplo; bajo invernadero y en cultivos in vitro. Las plantas absorben fotones de azul y rojo del espectro, las absorciones de fotones en el rango del color verde y el rojo son bajas. En la última década, se ha alcanzado un desarrollo innovador de los Led y su optimización da un sistema económico como fuentes de irradiación para el crecimiento vegetal,

tanto en invernaderos como en cámaras de crecimiento controlado (Lindao et al. 2021).

Las investigaciones en este campo son de carácter innovador puesto que esta tecnología se plantea integrar al futuro de la agronomía, se realizó un estudio para ver el efecto de estas luces leds dentro de la producción de variedades de lechuga (*Lactuca sativa L.*), un sistema de producción hidropónica NTF vertical, en un diseño completamente al azar, dicho diseño cuenta con un arreglo factorial de (3*2) en 4 repeticiones, se utilizó la semilla “**trionco d’ State Y lollo bionda**” estas aseguraron un buen comportamiento en sus varias etapas fisiológicas, dentro de la ciudad de Guayaquil provincia del Guayas, se evaluaron diferencias en relación al desempeño de las luces, el mejor tratamiento fue la utilización de **trionfo d’ state** y luces leds de color rojo (Bustamante 2012).

La lechuga es una hortaliza de origen antiguo haciendo referencia a más de 4500 a. C. (“antes de Cristo”), en la actualidad se realizan pruebas donde se aprovechan los pigmentos fotosintéticos, los cuales están unidos a proteínas presentes en algunas membranas plasmáticas, además se relaciona su capacidad de aprovechamiento de la luz artificial con sistemas de luces led para comenzar o motivar reacciones químicas, donde se ve una serie de cambios en la intensidad del color, aumento de hojas y otros resultados, desde la perspectiva de varios agricultores e investigadores el uso de las luces leds permiten eliminar aquellas longitudes de onda de la luz normal, longitudes que son inactivas para la fotosíntesis (Bustamante 2012).

El concepto de precocidad lumínica o aprovechamiento de luz artificial nace de la idea de mezclar o relacionar las edificaciones agrícolas con zonas en déficit o escasez total de luz natural, donde se cultivan muchas variedades de hortalizas, aprovechando luces de varios tonos o frecuencias de tiempo, así también desarrollando un sistema productivo más rápido. Desde sus inicios estos sistemas

se implementan con el nombre de granjas verticales, que son cultivos en alto rendimiento en cuanto a tiempo, producción y calidad (Ramos et al. 2016).

En producciones de hortalizas como el brócoli (***Brassica oleracea var. Itálica***) muestra una mayor velocidad de crecimiento, también se encuentran resultados en procesos de germinación controlada, se trata al brócoli como un buen ejemplo de producción, el brócoli fue expuesto a 12 horas en luces artificiales, arrojando resultados de una mayor cantidad de peso seco en luz de color rojo, un mayor desarrollo en horas de luz de color verde, esto muestra que se puede implementar en producciones agrícolas dentro de ambientes controlados, obteniendo un desarrollo de los cultivos con mayor calidad (Paniagua et al 2015).

II. INTRODUCCIÓN

La tecnología de iluminación led que se implementa en la agricultura es un nuevo paso que permite tener un mejor control del sistema de producción, donde se busca aumentar productividad en los cultivos alimentarios, abarcando la necesidad que tiene cualquier cultivo en relación al espectro radiante, la iluminación led resulta un control del espectro radiante que se ejerce sobre la planta, es decir, el tiempo, la frecuencia de onda o espectro requerido y también la distancia a la que se expone, muchas experimentaciones aseguran que la utilización de luces leds favorecen ciertos estados del cultivo utilizando espectros radiantes de color rojo y azul (Taboada, 2019).

El presente proyecto implemento la combinación de sistemas de iluminación artificial basados en granjas verticales, conjuntamente con el sistema acuapónico y producción de lechuga, buscando relacionar la tecnología en el desarrollo producción orgánica.

La iluminación led tanto como agricultura evolucionan con el pasar del tiempo añadiendo aparatos, maquinas, nuevas tecnologías, que pueden ser controladas y ayudar en la maximización de la producción con menor tiempo y mayor calidad. Las actividades del ser humano se transforman según las necesidades, porque el ser humano crece en población, esto motiva a buscar medidas de solventar la demanda de alimentos en zonas urbanas. El proyecto de investigación que se realizó busca trabajar con los factores de necesidad y evolución de la producción de alimentos, combinando procesos de iluminación artificial para proveer al cultivo de su necesidad fotosintética en un sistema de recirculación en acuapónico.

La Acuaponía en un sistema de combinaciones entre la producción de peces y cultivos de plantas, en este caso hortalizas, es un sistema que procede en recirculación de agua la cual contiene las defecaciones de los peces, las

defecaciones pasan a convertirse en bacterias nitrificantes para aportar al cultivo y promover el adecuado desarrollo.

Se han realizado trabajos similares en los que se muestra la utilización de los espectros radiantes de color azul y rojo, en el cultivo de chile (***Capsicum chinense Jacq.***), se busca de aumentar el crecimiento y altura de la planta recibiendo tratamientos significativamente diferentes cada uno, el tratamiento expuestos al espectro de color azul al 100% se desarrolló en mayor cantidad, las plantas expuestas a radiación de color roja obtuvieron mejores frutos excepto las plantas expuestas a un porcentaje de color azul (Mendoza et al 2020).

La experimentación con luces leds se acerca cada vez en más al uso exclusivo de solo dos espectros radiantes, hablamos del espectro de color rojo o azul, se experimenta por porcentajes de radiación en el cultivo de ***Lilium spp.*** (una planta herbácea) con tratamientos de un 20% de luz roja y un 80 % de luz azul en donde se desarrolló más el área foliar, otro experimento realizado al mismo tiempo y cultivo fue de un 40 % luz roja y 60% luz azul que dio como resultado un ciclo de vida más corto, al aplicar un 60% de luz roja y 40% de luz azul dio como resultado un ciclo de vida más largo, mientras que al colocar un 80 % luz roja y 20 % luz azul dio como resultado un cultivo con mayor diámetro flores (Flores 2021).

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Historia de la luz led

El led (Light Emitting Diode) es un diodo emisor de radiación lumínica o simplificándolo es un diodo emisor de luz, en el año 1907 se descubren los primeros documentos en relación a las emisiones de luz que podrían verse mediante la circulación de electricidad a través de un cristal, escritos en su tiempo por el científico británico Henry Joseph Round, dando el inicio a la electroluminiscencia, para luego ser descubierta y estudiada a fondo, se le otorga el nombre de “detector luminoso de carburo, silicio y detección de cristales” en una revista telefónica publicado por el científico autodidacta Oleg Vladimirovich Losev en 1927 dando así el inicio y mejora de sus trabajos por parte de otros científicos (Ruiz 2014).

Se desarrollan varias aplicaciones para este sistema dando como resultado el primer Diodo led de estructura total visible, creado por Nick Holonyak en 1962, siendo un flujo pequeño sirviendo para indicar funciones según se lo instale. Pasaron alrededor de 20 años entre experimentos que abrieron nuevas aplicaciones para las luces leds, desde ser una pequeña luz incandescente en relación a su aplicación actual de poder intervenir en sistema de semaforización o iluminaria pública, todo esto con los diferentes espectros radiantes entre leds azul, blancos, rojos, entre otros, todo esto según la aplicación requerida (Moreno 2012).

La iluminación artificial por medios eléctricos tiene una nueva revolución en el área led cumpliendo con requisitos para trabajos en casi todo aspecto, desde iluminación en zonas totalmente oscuras hasta nuevos paradigmas de una iluminación inteligente programada (Moreno 2012).

3.2. La luz led

Las luces leds o diodos emisores leds se estructuran en algunas capas de materiales semiconductor y es por esto que al aplicar tensión eléctrica es participe

para originar una luz fina que se le denomina capa activa. Las luces leds siempre emiten un tipo de luz que puede ser monocromática, es decir que el color siempre dependerá de los materiales con los cuales se fabriquen las luces leds y también dependerá del uso que se le quiera dar, entre ellos se conoce a InGaIP e InGaNG entre otros. Una luz led contiene diversas características en su diseño que dependerá del fin con el que se la desarrolle, por ejemplo: una eficacia luminosa en relación a la potencia, alta eficiencia o una larga vida (Iluminet-madrid.org 2015).

Las aplicaciones de la tecnología led se extienden según las necesidades para crear nuevas soluciones de iluminación, todo esto gracias a que favorecen al usuario con el control total del espectro radiante, por ejemplo: usos marítimos (barcos y botes), iluminación de efecto en arquitectura moderna de hogares, contornos de edificios y en las funciones industriales (Iluminet-madrid.org 2015).

3.3. Luz led en sistemas Agrícolas

En el momento que relacionamos un sistema de luces leds en los sistemas agrícolas a la tecnología que mantiene un patrón de producción e innovación los espectros radiantes que requiere el cultivo, se conocen que los espectros emitidos por los diodos leds pueden afectar tanto al crecimiento, desarrollo germinativo, desarrollo vegetativo. Los efectos se ven en la mayoría de los experimentos relacionados a la producción agrícola en donde se destaca el espectro de color azul alegando que se puede mantener un adecuado crecimiento del cultivo (Taboada 2019).

Las luces leds son una alternativa viable en producciones hortícolas se puede comparar a la luz natural causada por rayos de sol que generan grandes cantidades de espectros que no se pueden controlar, entre ellos los rayos ultravioletas, esto quiere decir que se puede tener producciones en muchos otros cultivos teniendo el control total sobre el espectro (Taboada 2019).

La aplicación para el crecimiento vegetativo se dirige o se diseña de acuerdo con las necesidades del cultivo en donde los efectos se muestran en las plantas, de acuerdo a la actividad foto receptora y a las variables de ajuste que tenga el emisor de luz, por ejemplo:

- a) **La luz ultravioleta:** En dosis controladas ayuda a mejorar el desarrollo inicial de la planta, también a fortalecer el tallo de la planta, esta luz tiene un efecto en los receptores UVR8 en grandes cantidades o largos periodos de onda puede ser perjudicial (Bures et al 2018).

- b) **Luz Azul:** La luz azul tiene acción en los fotoreceptores de luz azul, aquellos cultivos que se desarrollan bajo irradiación con elevada luz azul tienden a tener entrenudos cortos y mucha materia vegetal, seca, estimula el desarrollo de las hojas, fototropinas y los citocromos tienen su acción en la regulación estomática y el movimiento de la planta en fototropismo positivo (Bures et al 2018).

- c) **Luz verde:** La luz verde ayuda al crecimiento vegetativo como la mayoría de luces, la diferencia es que los cultivos que se mantengan bajo altos niveles de irradiación lumínica verde tienden a desarrollar un peciolo más alargado y una planta con entrenudos alargados (Bures et al 2018).

- d) **Luz roja:** La luz roja afecta directamente a los fitocromos, donde se absorben ayudando al adecuado desarrollo floral, aumentando el diámetro del tallo, y al mismo tiempo estimula la ramificación (Bures et al 2018).

3.4. Acuaponía

La Acuaponía es un sistema en el que se combina una producción de plantas y un sistema de producción de peces, con el fin de ahorrar agua que se puede perder en procesos de evaporación y transpiración de las plantas, todo da como efecto una mínima pérdida de agua es decir de un 10% en relación con los cultivos tradicionales. Es un proceso mediante el cual se provee la alimentación a los peces necesarios para su crecimiento, posterior a esto se presenta el proceso de digestión de los peces y evacuación de las excretas, mismas que se integran al agua formando parte del sistema de recirculación ayudando al como fertilizante natural crecimiento de las plantas y así se forma una integración aprovechando un sistema integrado de subprocesos primario para un producto secundario (Jiménez 2013).

La producción acuapónica cuenta con módulos dentro de un sistema complejo en donde tenemos como inicial la estructura de la cual se espera el desarrollo correcto del cultivo, este se encarga de mantener cada planta en su desarrollo, esto también dependiendo de las condiciones externas, luego de ello el tanque de peces en donde se realiza la producción una producción de peces, del cual se desligan los procesos de remoción de desechos y el biofiltro (bacterias nitrificantes), para luego pasar al proceso de recirculación en un sistema hidropónico como por ejemplo camas flotantes, películas finas, sistemas de tuberías con técnica de película de nutrientes (Jiménez 2013).

3.5. Historia de la Acuaponía

Se toma como referente la acción que tienen los excrementos animales para poder abarcar el tema de fertilización a las plantas, esto es algo que se remonta a civilizaciones como por ejemplo en Egipto, China, y otras como América del sur. Informes de estas civilizaciones describen como ciertos canales o lagunas de agua diseñadas para la crianza de peces funcionaban mejor al momento de regar el cultivo, señalando así que la combinación de los excrementos de los peces era el fertilizante para el cultivo (Aponte et al 2020).

Los datos sobre estos sistemas acuapónicos nacen en la década de los 70's donde se comprueba que los desechos metabólicos que generan algunas especies de peces pueden ser reutilizados en el cultivo de plantas. El uso en gran cantidad de esta idea se comenzó a realizar en la década de 1980, dando paso a la realización de pequeños centros de investigación desarrollando un sistema práctico, mismo que es nombrado como sistema acaponado integral (Aponete et al 2020).

La Acuaponía en la actualidad se logra adaptar a diferentes tipos de producciones agrícolas formando parte de sistemas intensivos con el objetivo de mejorar y optimizar los sistemas en general, haciendo énfasis en los mecanismos que se encargan de la recirculación del agua, sistemas eléctricos para minimizar costo en producción con el menor impacto ecológico (Sánchez 2017).

El inmenso número de experimentos y motivaciones de las personas para generar una producción dan resultados que muestran más de 580 especies de medios acuáticos, estas se pueden cultivar actualmente en todo el mundo, esto es gracias a las diferentes diversidades genéticas adaptables a los medios de producción gracias también a que el consumo de estas mismas especies tiene su demanda, puesto que la carga proteínica que contiene el pescado es valiosa dentro de la gastronomía, para la salud del ser humano gracias a que contiene minerales ácidos grasos y vitaminas (Aponete et al 2020).

Los cultivos de lechuga en sistemas acuaponico se desarrollan en un mejor porcentaje respecto a los nutrientes, pero tiene un impedimento ya que al ser de proceso orgánico valor dentro del mercado suele ser variable o muy alto al mismo tiempo se relaciona la variedad de lechuga, como por ejemplo la lechuga Maximus alcanza un diámetro más pequeño y un peso de 167 g máximo (Flores 2013).

3.6. Generalidades del Cultivo de lechuga

La lechuga es una planta que pertenece a la familia de dicotiledóneas con mayor tamaño dentro del reino vegetal, la Asteraceae, que también se la conoce por el nombre de Compositeae. La lechuga como tal se puede presentar en una gran cantidad de variedades y estas muestran diferencias que son notables por los tipos de hojas, tamaños y colores así mismo como el hábito de crecimiento que tenga, su clasificación taxonómica se muestra en la tabla 1 (Saavedra et al 2017).

Tabla 1: Clasificación taxonómica de la lechuga

	Taxonomía
Reino	<i>Plantae -- plantas</i>
Subreino	<i>Tracheobionta -- Plantas vasculares</i>
Súper-división	<i>Spermatophyta – Plantas con semilla</i>
División:	<i>Magnoliophyta – Plantas con flores</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida – Dicotiledóneas</i>
Orden:	<i>Asterales</i>
Familia:	<i>Asteraceae</i>
Subfamilia:	<i>Cichorioideae</i>
Tribu:	<i>Lactuceae</i>
Genero:	<i>Lactuca</i>
Especie:	<i>Lactuca sativa L.</i>

Fuente: Rosa (2015); Saavedra et al (2017).

La lechuga se consideraba antes como una planta de origen silvestre, en la actualidad no se tiene en claro cuáles de las especies participaron primero en la adaptación evolutiva para tener la lechuga que tenemos hoy en día. La adaptación de esta planta se tiene de orígenes de Asia, la cuenca del mediterráneo y quizás en Egipto (Saavedra et al. 2017).

Nombrada como ***Lactuca sativa*** y detallada por el científico naturalista sueco de nombre Carlos Linneus en la fecha de 1753, publicada en *Species Plantarum* N° 2:795, el nombre *Lactuca* es genérico de procedencia en latín “lac” (leche) haciendo

referencia a un líquido de apariencia láctea y lechosa, que en realidad es la savia de la planta que exudan los tallos al ser cortadas (Saavedra et al. 2017).

3.7. Descripción botánica

Parson (1987) declara a la lechuga como una planta hortícola que se cultiva desde hace mucho tiempo, es una especie silvestre (*Lactuca virosa*) de ahí se obtienen muchas variedades que pueden permitir una adaptación como cultivo, señalándola como una planta anual (Salinas 2013).

3.7.1. Sistema radicular

La raíz de la lechuga suele tener más de 25 cm de profundidad, es una raíz pivotante, corta, que a su vez cuenta con muchas ramificaciones (Salinas, 2013).

3.7.2. Tallo

El tallo es ramificado y cilíndrico (Salinas 2013).

3.7.3. Hojas

Por lo general las hojas de la lechuga suelen estar colocadas en forma de roseta, y desplegadas en un principio; dependiendo de la variedad de la lechuga, el borde en el limbo de textura lisa, ondulada e incluso aserrada (Salinas 2013).

3.7.4. Flores

Las flores están compuestas por 5 estambres y un ovario que contiene una sola cavidad, por lo general se auto polinizan las flores, suelen agruparse en forma de ramo de coloración amarillento pálido, son hermafroditas, estas se

abren luego de la caída del sol y su tiempo de polinización es de seis horas (Martínez 2019).

3.7.5. Semillas

Las semillas de lechuga son alargadas con un diámetro entre 4 a 5 mm (milímetros), de color blanco crema, pardo, y castaña claro y este último color depende de la variedad (Martínez 2019).

3.8. Requerimientos edafoclimáticos

Los requerimientos edafoclimáticos en el cultivo de lechuga suelen ser una textura de suelo franco, un buen drenaje, buen nivel de materia orgánica, pH entre 6.0 y 7.0, profundidad del suelo mayor a 25 cm, en pendiente de 0 a 40 % (Zavaleta 2019).

3.8.1. Temperatura

En el momento de la germinación la temperatura optima oscila entre 20 y 26 °C en donde 24°C seria la temperatura ideal en el crecimiento del cultivo, la formación de la planta exige un cambio de temperatura en el día y la noche. Si se presentan temperaturas debajo de 7°C en un periodo de 10 a 30 días provocara que el tallo floral tenga su emisión temprana y en temperaturas por encima de los 24°C aceleran el metabolismo es decir que se ve afectada la calidad del producto por que se acumula látex en los tejidos (Martínez 2019).

3.8.2. Factor luminosidad

Dentro de una producción de lechuga es importante el factor de la luminosidad ya que es demandante para poder realizar su adecuado desarrollo puesto que la planta es en un 80% actividad foto receptora por la cantidad de hojas y su tamaño, si se presenta una escasez del factor luz se puede desarrollar hojas delgadas y

esto también provoca que la cabeza se despliegue, en donde se ven afectados la productividad, la textura, el sabor, y el color. La lechuga se considera una planta que requiere fotoperiodos largos es decir más de 12 horas (Vásquez 2015).

3.8.3. Altitud

En la zona de producción en Ecuador las altitudes se oscilan desde 1500 msnm (metros sobre el nivel del mar) hasta 2800msnm, pero se considera que los cultivos de lechuga en cuanto a producción sería excelente mantener una altura cerca de 2500 msnm (Maldonado et al 2005).

3.9. Variedades de lechuga

3.9.1. Lechugas romanas.

***Lactuca sativa* var. Longifolia**, esta no desarrolla un verdadero cogollo, tiene hojas oblongas, contiene bordes enteros con un nervio central ancho en los podemos encontrar ejemplos como: la lechuga Romana y lechuga Baby (Muñoz 2018).

3.9.2. Lechugas acogolladas.

***Lactuca sativa* var. Capitata**, por lo general este tipo de lechuga tienen un cogollo estrecho es decir apretado de hojas, en los podremos encontrar ejemplos como: la lechuga Iceberg, la lechuga Batavia, y la lechuga Mantecosa o trocadero con un peso de hasta 400 gramos con altura de 15 a 40 cm (Muñoz 2018).

3.9.3. Lechuga de hojas sueltas

***Lactuca sativa* var. Inybacea**, estas lechugas tienden a desarrollar hojas sueltas y de una forma más dispersa en las que podemos encontrar ejemplos como: lechuga Lollo, lechuga Rossa, lechuga Red Salad Bowl, y la lechuga Cracarelle con una altura de 15 a 25cm con un peso de 150 a 200 gramos (Muñoz 2018).

3.9.4. Lechugas esparrago

***Lactuca sativa* var. Augustaza**, este tipo de lechuga se le conoce porque suelen aprovecharse de su tallo y desarrollan unas hojas en forma puntiaguda, estas lechugas se cultivan más en países asiáticos (Muñoz 2018).

3.10. Valor nutricional

La lechuga se considera una planta rica en vitamina K puesto que en 100g tenemos 113 µg de vitamina K, la lechuga forma parte de los alimentos bajos en calorías porque en 100 g este alimento tiene tan solo 19,60 kcal, la lechuga contiene en otros nutrientes que se pueden verificar en la tabla 2 (Rosa 2015).

Tabla 2: Nutrientes de la lechuga

Nutriente	Cantidad	Nutriente	Cantidad
Hierro	1 mg	Vitamina B1	0,06 mg
Proteínas	1,37 g	Vitamina B2	0,07 mg
Calcio	34,70 mg	Vitamina B3	0,80 mg
Fibra	1,50 g	Vitamina B5	0,11 mg
Potasio	220 mg	Vitamina B6	0,06 mg
Yodo	3 mg	Vitamina B7	1,90 mg
Zinc	0,23 mg	Vitamina B9	33,60 µg
Carbohidratos	1,40 mg	Vitamina B12	0 µg
Magnesio	8,70 mg	Vitamina C	13 mg
Sodio	3 mg	Vitamina E	0,60 mg
Fosforo	28 mg	Vitamina A	187 µg
Azúcar	1,36 g	Vitamina D	0 µg

Fuente: (Rosa 2015)

3.11. Cultivo hidropónico de lechuga

La producción de lechuga en sistema hidropónicos tiene la finalidad del ahorro de agua, en base a datos de investigación se puede decir que los sistemas reducen la

utilización hasta un 75% menos de agua en comparación con los sistemas tradicionales a campo abierto. La meta en este tipo de producción es la eficiencia, la mejora de producción minimizando las pérdidas por plagas o enfermedades y mejora del consumo del agua mediante la recirculación (Rojas 2019).

Los cultivos desarrollados en un sistema hidropónico se basan en la utilización de sustratos en intercambio o sustitución total del suelo por una estructura física que mantenga una circulación de agua y la misma cantidad de nutrientes para el cultivo dando resultados en la producción mejores de 1 más menos 7 veces frente a otros métodos tradicionales obteniendo lechugas con pesos entre 280 a 390 gramos dependiendo de la variedad de lechuga (Rojas 2019).

3.12. Plagas y enfermedades de la lechuga

Tabla 3: Plagas del cultivo de lechuga

Nombre común	Nombre Científico	Daño	Prevención o lucha
Trips	<i>Thysanoptera</i>	Transmite virus	Métodos biológicos, culturales y química
Minadores	<i>Liriomyza trifolii</i>	Daños en forma de galerías en hojas	Mediante métodos químicos, culturales y biológicos
Mosca blanca	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Ocasiona clorosis foliar reduce tamaño	Química
Pulgón	<i>Myzus persicae</i>	Propagación de virus	Lucha química

Fuente: (Rojas 2019).

Tabla 4: Enfermedades del cultivo de lechuga

Nombre común	Nombre Científico	Daño	Prevención o lucha
Antracnosis	<i>Marssonina panattoniana</i>	Lesiones en tejido	Químico
Botritis	<i>Botrytis cinerea</i>	Hojas enfermas con manchas, moho gris	Biológico, cultural, químico.
Mildiu veloso	<i>Bremia lactucae</i>	Manchas de color verde amarillentas	Cultural o químico
Esclerotinia	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Hojas se pudren, se forma moho	Cultural o químico
Septoriosis	<i>(Septoria lactucae)</i>	Se producen manchas en hojas	
Virus del mosaico de lechuga	<i>Lettuce mosaic virus (LMV)</i>	Manchas de color verde claro, atrofia en crecimiento de planta	Método cultural

Fuente: (Rojas 2019).

3.13. Generalidades del cultivo de tilapia

El cultivar tilapia se remonta al desarrollo de técnicas que el ser humano obtiene mediante los años con el fin de crear la posibilidad de tener alimento y también con el fin de administrar los recursos dentro de una producción, al mismo tiempo tener la capacidad de generar empleo. La acuicultura requiere una disciplina en la producción, se requiere ingenio, saber sobre biología y ecología para poder resolver algún problema en relación con los requerimientos alimenticios o déficit de algún parámetro, para el desarrollo de estos sistemas de producción se adopta el proceso de cultivo mediante la piscicultura (Saavedra 2003).

El cultivo de tilapia es esencial para algunos países ya que su demanda está nivelada en el mercado, pese a esto se necesita saber sobre el desarrollo de una producción escalonada, es decir, que es bueno tener producción inicial, pero mantener el ciclo estable entre la demanda y el tiempo de cosecha de las tilapias. Todo esto se permite gracias a un adecuado manejo de producción, sanidad, buena reproducción y al mismo tiempo ayuda a familias creando su negocio, la tilapia

acepta balanceado, resiste enfermedades y soporta altas densidades (Saavedra 2003).

3.13.1. Taxonómica de la tilapia

Tabla 5: Clasificación taxonómica de la tilapia

Taxonomía de la tilapia	
Phyllum	Chordata
Subphylum	Craneata
Superclase	Gnathostomata
Clase	Actinopterygii
Serie	Pisces
Suborden	Percoidei
Orden	Perciformes
Genero	Oreochromis
Familia	Cichlidae

Fuente: (Churuchumbi 2019).

3.14. Morfología de la tilapia

La tilapia es una especie de pez con cuerpo robusto donde podremos encontrar características en ambos sexos como, por ejemplo: los machos tienen una cabeza más grande que la hembra, su boca es ancha con labios grandes de mayor y más gruesos, tienen aletas dorsales que en diferencia de la hembra son más cortas y contienen a la vista espinas. Es un animal omnívoro que contiene un aparato digestivo conformador por: inicial boca, faringe, esófago, estómago, hígado, Ciegos Píloricos, páncreas, estómago, intestino, recto, ano (Churuchumbi 2019).

3.15. Enfermedades

Dentro de la producción de tilapia existen una cantidad preocupante de bacterias que pueden afectar el curso de producción, en un gran porcentaje estas bacterias son Gram negativas, suelen tener acción como un patógeno que se aprovecha de

las condiciones o de un mal manejo, es también causal de muchos procesos patológicos en algunas especies que pueden ser susceptibles (Sierralta 2019).

a) Bateria Edwardsiellosis

Es una bacteria que tiene la capacidad de sobrevivir fuera de un huésped, en un periodo de tiempo corto puede transmitirse a otro pez por medio del agua y algunos otros mamíferos pueden actuar como vectores. Puede presentar color amarillento en el interior de su cavidad abdominal, signos externos como congestión y hemorragias petequiales en la boca (Sierralta 2019).

b) Bacteria Citrobacteriosis

Esta es una bacteria perteneciente a la familia enterobactereaceae es Gram negativa, esta enfermedad puede ser causada por el cambio elevado de temperaturas dentro de la producción, los signos que pueden presentar son erosiones en sus aletas, úlceras profundas en la piel de color oscuras, presencia de fluidos sanguíneos, olor fétido, presencia de un bazo más alargado así mismo como el lumen (Sierralta 2019).

c) Vibriosis

Bacteria gran negativa este organismo puede encontrarse en ecosistemas grandes o de abundancia marina, por ejemplo: en los estuarios, se la encuentra más en la especie de tilapia nilotica (***Oreochromis niloticus***), se presenta por condiciones de estrés en producciones por ejemplo de camas flotantes en donde los signos pueden ser movimientos giratorios y ciertas pigmentaciones en la piel (Sierralta 2019).

En el cultivo de tilapia también se presentan enfermedades causadas por hongos, entre ellas tenemos a la dermatofitosis causada por ***saprolegnia***

spp, por cambios en el pH, temperaturas, por otro lado, tenemos a las enfermedades causadas por parásitos que muestran signos como presencia de algunas lesiones en la piel con colores y se ven blandas (Carvajal 2014).

3.16. Manejo sanitario de producción de tilapia

Para un adecuado desarrollo de producción de tilapia se requiere conocimiento de la especie en general es decir el tipo de tilapia que con el que se pretende trabajar y también el ciclo de vida, adecuar las instalaciones, adecuar los tanques, incluso si se utilizan corrales para saber cómo colocarlos y cuanto según la densidad de siembra y el espacio, teniendo en cuenta que el ciclo de producción sea en ambientes adecuados se espera que termine entre 6 a 7 meses. Antes de la siembra de peces se espera que el sistema o habitat donde se colocaran este esterilizado y se deja el agua recirculando días antes de colocar las tilapias esperando su adaptación (Fajardo et al 2012).

El manejo sanitario tiene del cultivo de tilapia tiene relación con la alimentación, el control de las propiedades fisicoquímicas del agua, donde se hace enfoque en las más importantes que son: la temperatura, la transparencia, el pH y el oxígeno (Fajardo 2012).

a) pH:

En la producción acuícola en este caso de tilapia varía según las etapas de año y las condiciones donde se realice la producción, pero por lo general se requiere un pH entre 6.5 a 9.0 máximo dependiendo de la variedad de tilapia este último dato "0.9" tiene que ser controlado.

b) Temperatura:

La temperatura que mantiene en este tipo de producción acuícola tiene que estar entre 20 °C y 32 °C máximo por lo general el cultivo de tilapia se maneja en aguas cálidas.

c) Amonio

El amonio o el amoniaco que no está ionizado (NH_3) se produce siempre en medida de la producción del metabolismo de las proteínas de peces, algunos crustáceos y otras especies acuáticas, la descomposición de la materia orgánica, como la orina, las heces y en secuencia desperdicio de comida que no se logra retirar también pasa a formar nitritos NO_2 hasta ser nitratos NO_3 (Castro et al. 2020).

Los valores óptimos de amonio en cultivos de peces de aguas cálidas está en una escala menor que 3 mg/l siendo este mismo el valor de tolerancia máximo por lo tanto sobrepasando este punto podría existir complicaciones (Castro et al. 2020).

3.13. Características ambientales

Dentro de una producción acuícola neta de tilapia se mantienen variables en relación al tipo de cultivo, por medio de producción semi-intensiva en donde podremos encontrar estanques en tierra mediante circulación de ríos, o medidas de producción menos controladas, y también tenemos las producciones intensivas donde podemos controlar todos los aspectos dentro de la producción porque se construyen estructuras específicas, por ejemplo: sistemas de recirculación de agua, alimentación, estanques de separación por etapas de la tilapia, sistemas de aireación más complejos, medidores programados para alertar algún cambio en el agua (Fajardo 2012).

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento de la población en general sea urbana o rural nos da estimaciones de las necesidades alimenticias, y la falta de terrenos óptimos para una adecuada producción, es ahí donde recae la importancia de utilizar cultivos acuaponicos o también hidropónicos. La estimación de un incremento poblacional nos refleja a más de 23,4 millones de personas al llegar al 2050, por lo que el reto es asegurar producción en la mayoría de zonas disponibles, implementando agricultura y tecnología lumínica como ejemplos de agricultura vertical (Bustamante 2012).

Desarrollar un sistema acuapónico dentro de estructuras como pueden ser invernaderos y estructura bajo techo opaco, pueden generar demanda de luz de acuerdo al cultivo que se planea implementar, en ese caso la utilización de un sistema de luz artificial provee una mejora en cuanto a la adaptación de zonas de escasez lumínica, granjas verticales, en donde se puede aprovechar el espacio, controlar tiempo de luz por día, es decir, estructuras de producción bajo techo dando da un mejor control del desarrollo fisiológico del cultivo (Frutos 2018).

El problema que se presenta al utilizar edificaciones bajo techo opaco es que genera una cantidad de luz, niveles por debajo de lo recomendado en un cultivo de lechuga, este cultivo es de fotoperiodo contante, se requiere de la incidencia de luz para mantener y para mejorar la calidad, los resultados obtenidos bajo desarrollándose en bajos niveles de luz son: plantas poco vigorosas, hojas de menor tamaño, arrugas por un mal desarrollo fisiológico, manchas de colores blanquecinos y bordes color marrón (Peña 2020).

En la actualidad el trabajo y la importancia de este sistema de iluminación artificial se aplica más en la horticultura, permitiendo controlar el espectro radiante adecuado sobre las plantas, en donde se determina un aumento de producción sobre invernaderos, cultivos en interiores. Los resultados obtenidos mediante estos

sistemas con luces led de color roja y azul, otorgan diferencias importantes, por ejemplo: el desempeño de la luz roja favorece el desarrollo del aparato fotosintético, afecta a la morfogénesis, el desempeño de la luz infrarroja estimula una mejor floración y la luz azul afecta la apertura estomática, altura de la planta y también la biosíntesis de la clorofila (Frutos 2018).

4.1. Formulación de preguntas de problema de investigación

¿Puede un sistema de luz artificial otorgar mejores efectos en cuanto al desarrollo del cultivo vegetal?

¿Puede adaptarse un sistema de luz artificial a un sistema acuapónico maximizando la producción de vegetales?

V. JUSTIFICACIÓN

La producción de hortalizas en huertos urbanos o producción mínima como sustento familiar requiere siempre una cantidad de luz dependiendo del cultivo, en este caso se habla de la lechuga como una de las principales hortalizas del mercado. La tecnología de iluminación artificial facilita la manipulación de la zona de producción en ubicaciones con escasez de la luz natural (Bustamante 2012).

El manejo de una producción de Acuaponía dentro de las zonas con necesidades económicas genera un progreso al sector y al mismo tiempo ganancia a las familias ya sea para consumo propio o negocio secundario, con este tipo de emprendimientos teniendo productos sanos y una seguridad alimentaria (Bustamante 2012).

El presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo tecnológico dentro de zonas con poca luminosidad dentro del país, así de igual manera poder mejorar esta tecnología dentro de la agricultura, se justifica por las siguientes razones.

- a) Un sistema de iluminación artificial da control sobre el ciclo de vida total de la planta en cuando a la actividad foto receptora de la misma.
- b) Es un trabajo nuevo en la agricultura urbana y puede ser modificado según las necesidades o recursos del productor.
- c) Es un tipo de planta que según la especie puede obtenerse en menor tiempo bajo las condiciones controladas.
- d) La meta principal de la tecnología led es el desarrollo temprano del cultivo ya que gracias a su control de espectro radiante se produce un estímulo que puede ser controlado.

VI. HIPÓTESIS

6.1. H₀

La exposición de luces leds para incrementar el fotoperiodo en el cultivo de lechuga presenta crecimiento similar a los sistemas acuapónicos tradicionales.

6.2. H_a

La exposición de luces leds para incrementar el fotoperiodo en el cultivo de lechuga mejora el crecimiento e incremento en peso.

VII. OBJETIVOS

7.1. Objetivo general

- Determinar la viabilidad de aplicación de luces led en la disminución del periodo de cultivo lechuga (*Lactuca sativa*).

7.2. Objetivo específico

- Determinar si existen mejoras productivas en el incremento de altura, número de hojas y peso de la lechuga en el sistema acuapónico.
- Establecer el periodo óptimo de exposición de luces led en el sistema.

VIII. METODOLOGÍA

8.1. Ubicación

La presente investigación se llevó a cabo en la ciudad de Montecristi vía La Fabril calle; 11 avenida 10, perteneciente a la parroquia Montecristi. Cercano al complejo Indumaster, Ciudadela los ángeles con coordenadas -0.993153, -80.684370.

8.1.1. Características climatológicas

Montecristi cantón de la provincia de Manabí en el país Ecuador cuenta con una altitud entre 600 msnm, un clima sub tropical húmedo variable teniendo una media anual de 23.5°C. según las estaciones del año, por motivo de la cercanía a su cerro que provoca en ciertas ocasiones temperaturas bajas (Climate-data.org 2021).

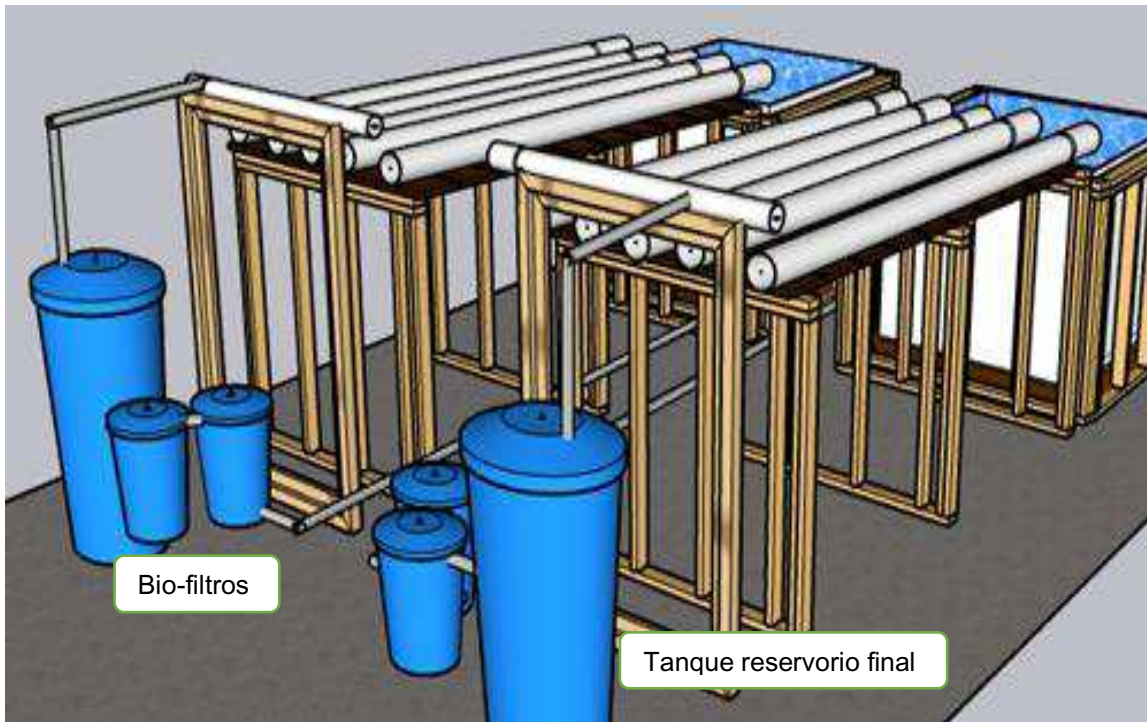
8.2. Método de investigación

En el presente proyecto fue realizado mediante un método de investigación experimental, se analizaron las variables haciendo enfoque a las características productivas del cultivo.

8.3. Sistema Acuapónico con luz artificial

En la estructura de producción acuapónica se implementó un sistema de luz artificial mediante el desarrollo de un panel en donde se implanto el sistema de luces, se colocó por encima del cultivo en un panel que proveen al cultivo radiación lumínica, ayudando que realice sus procesos biológicos y de igual forma alimentándose por la recirculación del sistema acuapónico.

Gráfico: 1 Modelo en 3D sistema acuapónico



Fuente: Elaboración propia

8.4. Instalación de sistema de iluminación artificial

La iluminación conformada de tiras leds con transformador 110v a 12 v, con tiras de 6 metros formando un puente entre ellas para compartir la carga eléctrica, tienen control de espectro radiante en múltiples frecuencias a bajo consumo, de marca strip. Se instaló una vez este el sistema en recirculación, este panel cuenta con niveles de altura para ajustes en el ciclo del cultivo, se instaló de una forma en la que no afecte a los peces colocando una barrera oscura o plástico entre el cultivo y el tanque de peces evitando que la radiación lumínica alcance el tanque.

Gráfico 2: Modelo en 3d de proyecto acuapónico con luces leds



Fuente: Elaboración propia

8.5. Espectro radiante

El espectro radiante al que se expone un cultivo en combinación con la temperatura y la humedad siempre determina gran parte del crecimiento.

El espectro radiante seleccionado para este experimento es el espectro color azul en base literatura es el espectro con el que se obtienen mayores posibilidades de adaptación en todo el ciclo del cultivo, puesto que ayuda al tener un mejor desarrollo vegetativo.

El espectro de color azul que se emite por el sistema de líneas leds cuenta con un controlador de frecuencia, es decir el nivel de aplicación del espectro se puede ajustar según la necesidad del cultivo, en este proyecto se utilizó el rango más alto que permite el dispositivo equivalente a 395 Nm (nanómetros) por cada metro de línea led.

Las características del sistema de luces leds que se utilizó son:

- Sistema de luces RGB modelo 5050 con control remoto para adaptación multicolor con receptor.
- Sistema de ampliación de líneas led con soporte carga en voltaje de hasta 10 metros por cada transformador.
- Líneas con emisión de luminosidad unilateral.
- transformador de voltaje de 110v a 12v.
- Controlador remoto para ajustes de niveles en frecuencias y espectro radiante.
- Nivel de onda emitida de las líneas de luces hasta 390nm.
- Distancia de onda 120cm.
- Protección IP 65 (intemperie, polvo, agua).
- Vida útil 50.000 H.

8.6. Diseño de investigación

8.6.1. Material vegetal

Se realizó el experimento con Lechuga Regina 500, marca de la importadora Alaska s.a, que asegura en agricultura convencional una producción de 400 a 500 gramos por planta en un tiempo 65 a 70 días. se colocaron en semilleros con sustrato inerte de coco mesocarpo originario de Brasil. Las plantas de lechuga fueron germinadas y el trasplante se realizó desde los semilleros al sistema acuapónico a los 8 días; se realizó al pasar una semana de recirculación y adaptación de los peces en los 4 estanques, para asegurar la proliferación de

aquellas bacterias nitrificantes provenientes de los desechos metabólicos de las tilapias.

8.6.2. Material Acuícola

Se trabajó con tilapia (*Oreochromis spp.*) en estado juvenil, peces que fueron adquiridos en la ciudad de Manta en el sector San Pedro cerca a la vía interbarrial.

8.6.3. Densidad de cultivo

El presente proyecto tiene una densidad de cultivo que presenta 10 tilapias por cada estanque de recirculación y 2 plantas de lechuga por cada tilapia, en cada uno de los 4 tratamientos.

8.7. Tratamientos

El siguiente proyecto cuenta con una estructura de sistema acuapónico donde se mantienen bajo diferentes condiciones lumínicas artificiales, implementando el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) con tilapia (*Oreochromis spp*) con 4 tratamientos. Cada ciclo de cultivo se desarrolló en el periodo de 50 días dentro del sistema y 8 días de germinación de las semillas de lechuga.

8.7.1. Tratamientos 1: 15 horas de luz artificial (12 horas de iluminación de sol/día + 3 horas de iluminación led); y 25% de recambio de agua a medio ciclo del cultivo.

8.7.2. Tratamientos 2: 15 horas de luz artificial (12 horas de iluminación de sol/día + 3 horas de iluminación led); y 75% de recambio de agua a medio ciclo del cultivo.

8.7.3. Experimento 3: 18 horas de luz artificial (12 horas de iluminación de sol/día + 6 horas de iluminación led); y 25% de recambio de agua a medio ciclo del cultivo.

8.7.4. Experimento 4: 18 horas de luz artificial (12 horas de iluminación de sol/día + 6 horas de iluminación led); y 75% de recambio de agua a medio ciclo del cultivo.

8.8. Variables Evaluadas

El proceso de toma de datos se realizó al inicio cuando se insertó las plantas de lechuga en el sistema acuapónico, luego a los 25 días del ciclo de cultivo y finalmente a los 50 días del cultivo.

8.8.1. Longitud de planta

La longitud de la planta se tomó con una cinta métrica flexible desde el cuello del tallo con la conexión de las raíces, en donde se realiza el corte para la cosecha.

8.8.2. Peso de la planta

El peso de las plantas se realizó mediante la utilización de una gramera, puesto que se tomaron datos a medida de su desarrollo, y en la cosecha final. Para tener el valor de cada planta se pesa con todo y canastilla, pero se resta el peso de esta al final.

8.8.3. Numero de hojas por planta

En cada sección se seleccionan plantas para la toma de datos poco a poco se cuenta desde las hojas inferiores hasta las superiores.

8.9. Medición de temperatura

Se utilizó un medidor de temperatura para medición constante, medidor a base de mercurio, en donde se dejó el termómetro suspendido al contacto directo en el agua, cada día se registran las variables de temperatura.

8.10. Medición de pH

Se utilizó pH-Wert-test para obtener los datos de pH, pero esta varía según el experimento ya que se utilizó 4 niveles de agua, un nivel por cada tratamiento. Cada día durante el ciclo del cultivo se tomaron datos.

8.11. Medición de Amonio y Amoniaco

Se utilizó el test NH_4/NH_3 , de la marca AZOO, este es un paquete con los ingredientes reactivos y medida de parámetros de acuerdo a su coloración, y se midió diariamente.

8.12. Alimentación

El alimento proporcionado a los peces fue alimento para Tilapia al 28% de proteína, adquirido en Agripac, con 2-3 raciones de 20 a 30 gramos por cada tanque. Durante la mañana, tarde, y atardecer. Se verificaba que el alimento sea consumido en su totalidad puesto que si los peces dejan alguna cantidad de alimento y se queda flotando se tiene que retirar y se alimentan por la tarde nuevamente.

8.9. Análisis de datos.

Se aplicará un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos a diferentes incrementos del fotoperiodo con luces leds, se utilizará diferentes horas de fotoperiodo para cada tratamiento, con luces led en color azul.

8.10. Planteamiento:

Para el planteamiento se utilizó la tabla de análisis de varianza donde podremos ver las diferencias y el error en la suma de los cuadrados. en la cual se pueden colocar los valores de cada tratamiento mostrando los orígenes de variación, grado de libertad, la suma de cuadros, promedio de cuadros, el valor de “F” y valor crítico para “F”

Tabla 6: Ejemplo de tabla de datos para análisis de varianza

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Factor					
Residuo					
Total					

Dónde:

- Suma de cuadrado FACTOR:
- Suma de cuadrado RESIDUO:
- Grados de libertad FACTOR: N grupos - 1
- Grados de libertad RESIDUO: N – N grupos
- Promedio de los cuadrados: SM/GL
- F: CMF/CMR

Fuente: elaboración propia

IX. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la experimentación que se realizó con cultivo de lechuga bajo 4 combinaciones entre niveles de recambio de agua con fotoperiodo extendido de iluminación artificial, durante 50 días cada experimento (8 semanas), obteniendo 4 resultados finales en los que se midieron parámetros como altura, peso, y números de hojas.

Se tomaron datos al inicio y al intermedio del ciclo del cultivo es decir a los 25 días donde se realiza un intercambio de agua según el porcentaje plasmado en cada experimento, los datos están colocados como inicio de cultivo, intermedio de cultivo, y datos finales del cultivo, cada tratamiento tiene los valores correspondientes a número de hojas, altura en cm y peso de planta.

9. Resultados Generales intermedios:

9.1. Parámetros ambientales

Dentro y durante la experimentación de los 4 tratamientos se realizó control de parámetros como: temperatura, pH y amonio. Y se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 7.

Tabla 7: Parámetros de temperatura, pH y Amonio

Tratamientos	Parámetros	Mínimo	Máximo	Media
T 1	Temperatura	22°C	25°C	23.5°C
	pH	5.5	9.0	7.25
	NH ₄ /NH ₃ mg /l	0	2.0	1
T 2	Temperatura	23°C	25°C	23°C
	pH	6.5	9.0	7.75
	NH ₄ /NH ₃ mg /l	0	1	0.5
T 3	Temperatura	22°C	24°C	23°C
	pH	6.5	8.5	7.5
	NH ₄ /NH ₃ mg /l	0	1	0.5
T 4	Temperatura	22°C	23°C	22°C
	pH	6.5	8.5	7.5
	NH ₄ /NH ₃ mg /l	0	1	0.5

Fuente: Elaboración propia

De acorde con la tabla 7 correspondiente a los datos de temperatura muestran valores bajos de temperatura, presentada en los tratamientos podría llegar a 22°C teniendo variaciones en todo el día.

Los valores de pH y amonio correspondiente a los tratamientos 1 y 2 presentaron valores ácidos manteniendo una media estable entre los valores neutros.

9.2. Análisis de resultados intermedios

Tabla 8: Suma total y media de tratamiento por tratamiento

Tratamientos	Variables	Total	Media
T1	Hojas	179	9
	Altura	197	10
	Peso	599	30
T2	Hojas	225	11
	Altura	240	12
	Peso	913	46
T3	Hojas	216	11
	Altura	261	13
	Peso	163	82
T4	Hojas	354	18
	Altura	277	14
	Peso	243	122

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla 8 la media de tratamientos en la experimentación a los 25 días demuestra diferencias entre los parámetros, siendo el tratamiento T4 expuesto a configuraciones de 50% más de luz artificial y 75 % de recambio de agua lo que asegura una mejor producción en cultivo en comparación con los tratamientos T1, T2, T3.

9.2. Análisis de datos intermedios

Los siguientes cuadros muestran la media de resultados de forma gráfica en relación a los cuatro tratamientos “T1, T2, T3, T4”, mismos datos que fueron tomados a mitad del ciclo de cultivo.

Gráfico 3: Numero de hojas por tratamiento a los 25 días



Fuente: Elaboración propia

Analizando los datos en resultado obtenido previo a las muestras de numero de hojas en el intermedio del cultivo podemos decir que el tratamiento sobresaliente es el T4, entre los tratamientos T3, T2, T1.

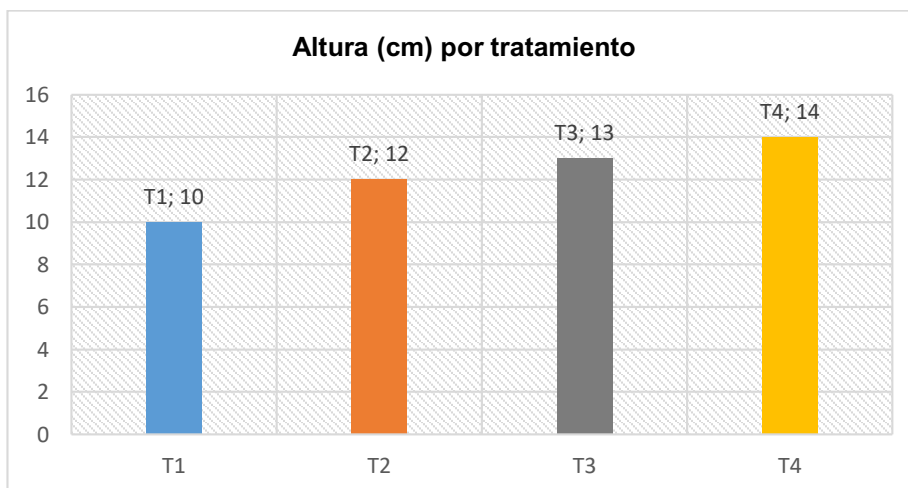
Gráfico 4: Peso en (g) por tratamiento a los 25 días



Fuente: Elaboración propia

Analizando los datos en resultado obtenido previo a las muestras de peso a los 25 días del cultivo podemos decir que el tratamiento sobresaliente es el T4, entre los tratamientos T3, T2, T1.

Gráfico 5: Altura en (cm) por tratamiento a los 25 días



Fuente: Elaboración propia

Analizando los datos en resultado obtenido previo a las muestras de altura en (cm) en el intermedio del cultivo podemos decir existe diferencia entre los tratamientos muy baja, siendo T4 mayor que T1, T2, T3.

9.3. Análisis de varianza de un factor número de hojas

Se utiliza “anova” de un factor para establecer las condiciones generales intermedias de los cuatro tratamientos.

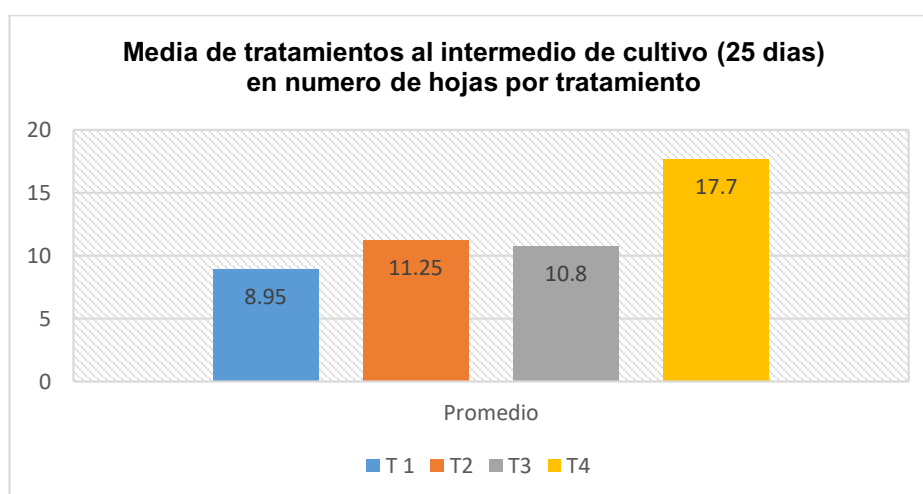
Tabla 9: Análisis de varianza a número de hojas de los tratamientos a los 25 días

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
T 1	20	179	8.95	0.36578947		
T2	20	225	11.25	0.93421053		
T3	20	216	10.8	0.90526316		
T4	20	354	17.7	0.64210526		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	873.45	3	291.15	409.009242	8.6411E-47	2.72494392
Dentro de los grupos	54.1	76	0.71184211			
Total	927.55	79				

Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados de la tabla 9 en estimación de datos en número de hojas de todos los tratamientos al intermedio del cultivo se puede observar que el valor estadístico “f” es mayor que el valor crítico. De acuerdo al análisis de varianza se muestran resultados significativos entre los tratamientos con una media del tratamiento T4 mayor por encima de los tratamientos T3, T2, T1. Tales resultados se muestran en el grafico 6.

Gráfico 6: Análisis de varianza número de hojas a los 25 días del cultivo



Fuente: Elaboración propia

9.4. Análisis de varianza de un factor altura en (cm)

Se utiliza “anova” de un factor para establecer las condiciones generales intermedias de los cuatro tratamientos.

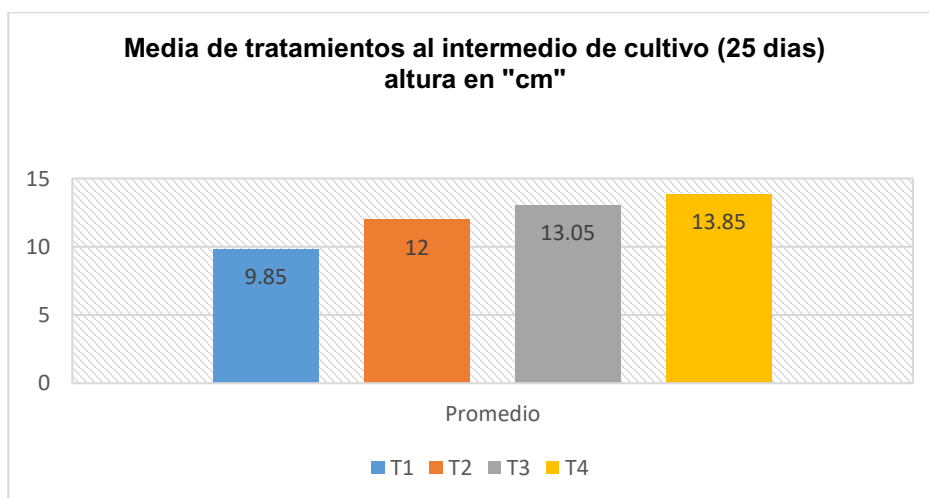
Tabla 10: Análisis de varianza. altura en (cm) de los tratamientos a los 25 días

RESUMEN							
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
T1	20	197	9.85	0.97631579			
T2	20	240	12	1.78947368			
T3	20	261	13.05	8.05			
T4	20	277	13.85	1.60789474			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	180.1375	3	60.0458333	19.3326979	2.0561E-09	2.72494392	
Dentro de los grupos	236.05	76	3.10592105				
Total	416.1875	79					

Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados de la tabla 10 en estimación de datos con respecto a la altura en (cm) de todos los tratamientos al intermedio del cultivo se puede observar que el valor estadístico “f” es mayor que el valor crítico. De acuerdo al análisis de varianza se muestran resultados significativos entre los tratamientos con una media del tratamiento T4 y T3 muy cercanos y a su vez mayores por encima de los tratamientos T2 y T1. Estos resultados se ven representados en el grafico 7.

Gráfico 7: Análisis de varianza de Altura en (cm) a los 25 días



Fuente: Elaboración propia

9.4.1. Análisis de varianza de un factor peso en (g)

Se utiliza "anova" de un factor para establecer las condiciones generales intermedias de los cuatro tratamientos.

Tabla 11: Análisis de varianza de peso (g) de los tratamientos a los 25 días

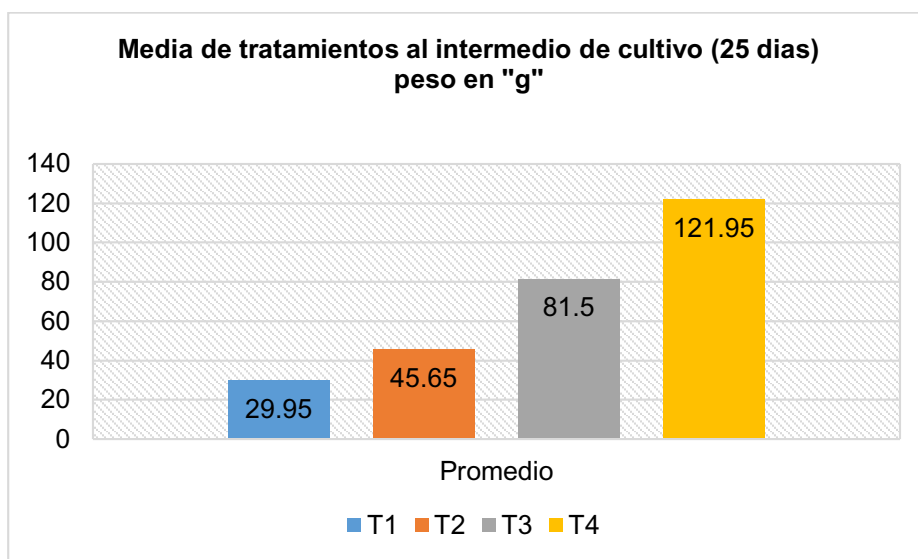
RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
T2	20	599	29.95	1.20789474		
T2	20	913	45.65	16.0289474		
T3	20	1630	81.5	4.47368421		
T4	20	2439	121.95	90.2605263		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	100555.038	3	33518.3458	1197.39326	7.3107E-64	2.72494392
Dentro de los grupos	2127.45	76	27.9927632			
Total	102682.488	79				

Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados de la tabla 11 en estimación de datos con respecto a la estimación de peso en gramos (g) de todos los tratamientos al intermedio del cultivo

sébase aclarar que se tomó a los 25 días en el sistema, se puede observar que el valor estadístico “f” es mayor que el valor crítico. De acuerdo al análisis de varianza se muestran resultados significativos entre los tratamientos con una media del tratamiento T4 mayor por encima de los tratamientos T3. T2, T1, este resultado se puede observar en el grafico 8 de forma más sintetizada.

Gráfico 8: Análisis de varianza de peso (g) a los 25 días



Fuente: Elaboración propia

9.5. Datos generales finales:

Tabla 12: Total y media de los tratamientos al final del ciclo de cultivo (50 días)

Tratamientos	VARIABLES	Total	Media
T1	Hojas	351	18
	Altura	305	15
	Peso	2044	102
T2	Hojas	426	21
	Altura	398	20
	Peso	3130	157
T3	Hojas	488	24
	Altura	450	23
	Peso	3232	162
T4	Hojas	533	27
	Altura	497	25
	Peso	3924	196

Fuente: Elaboración propia

La media de tratamientos en la experimentación al final del cultivo días demuestra diferencias entre los parámetros, siendo el tratamiento T4 expuesto a configuraciones de 50 más de luz artificial y 75 % de recambio de agua el que asegura una mejor producción en cultivo en comparación con los tratamientos T1, T2, T3, en referencia al peso que se consigue al final del ciclo de los tratamientos, dichos resultados se muestran en la tabla 12.

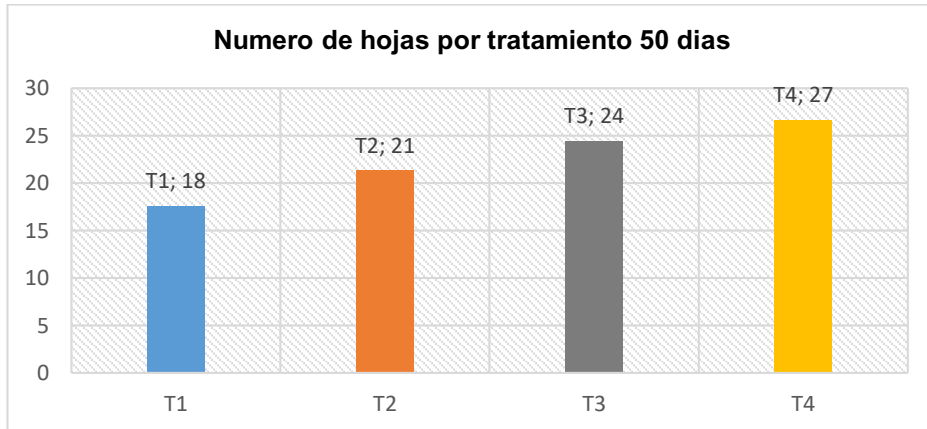
Los datos obtenidos con referencia a la altura entre los cuatro tratamientos existen diferencias entre los tratamientos T4, T3 con diferencias en sus medias de uno, esto con medias superiores a los tratamientos T2, T1.

Analizando los datos con referencia al número de hojas de los 4 tratamientos podemos observar que el T4 es mayor en relación los demás tratamientos.

9.6. Análisis de datos finales

Los siguientes cuadros muestran la media de resultados de forma gráfica en relación a los cuatro tratamientos “T1, T2, T3, T4”, mismos datos que fueron tomados al final del ciclo de cultivo.

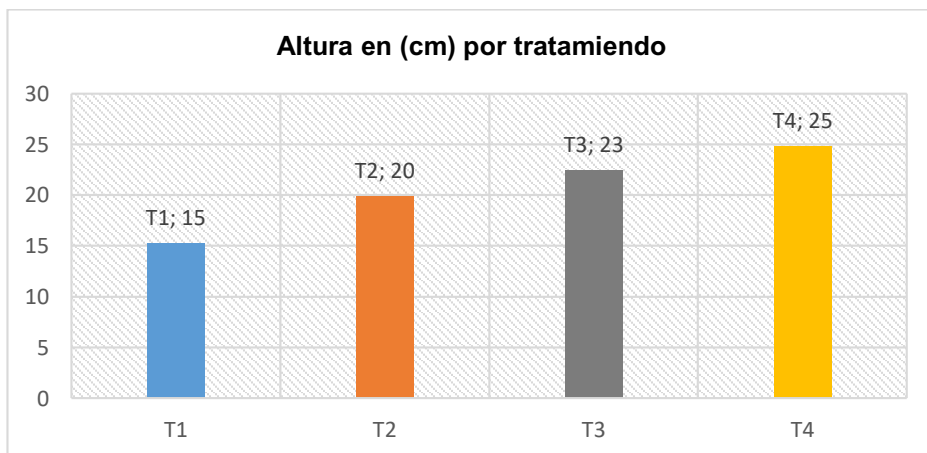
Gráfico 9: Número de hojas al final del ciclo de cultivo (50 días)



Fuente: Elaboración propia

Al analizar los datos obtenido previo a las muestras de numero de hojas por tratamiento al final del ciclo del cultivo podemos decir existe diferencias entre los tratamientos, siendo T4 mayor que T1, T2, T3.

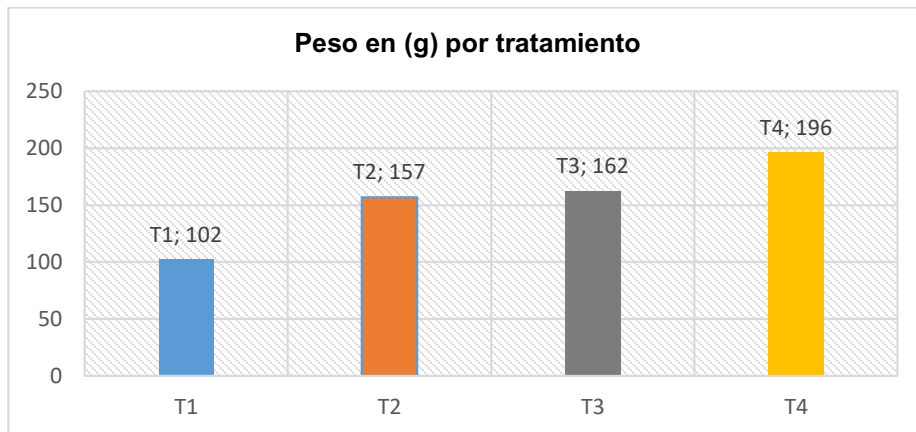
Gráfico 10: Altura en (cm) al final del ciclo de cultivo (50 días)



Fuente: Elaboración propia

Al analizar los datos obtenido previo a las muestras de altura en cm (centímetros) por cada tratamiento al final del ciclo del cultivo, podemos decir existe diferencias entre los tratamientos T4, T3, T3 y T1 siendo este último el menor de los tratamientos y T4 el mayor que entre ellos.

Gráfico 11: Peso en (g) al final del ciclo de cultivo (50 días)



Fuente: Elaboración propia

Al analizar los datos obtenido previo a las muestras de peso en “g” (gramos) por cada tratamiento al final del ciclo del cultivo, podemos decir existe diferencias entre los tratamientos T4, T3, T3 y T1 siendo este último el menor de los tratamientos y T4 el mayor que entre ellos.

9.6.1. Análisis de varianza de un factor número de hojas

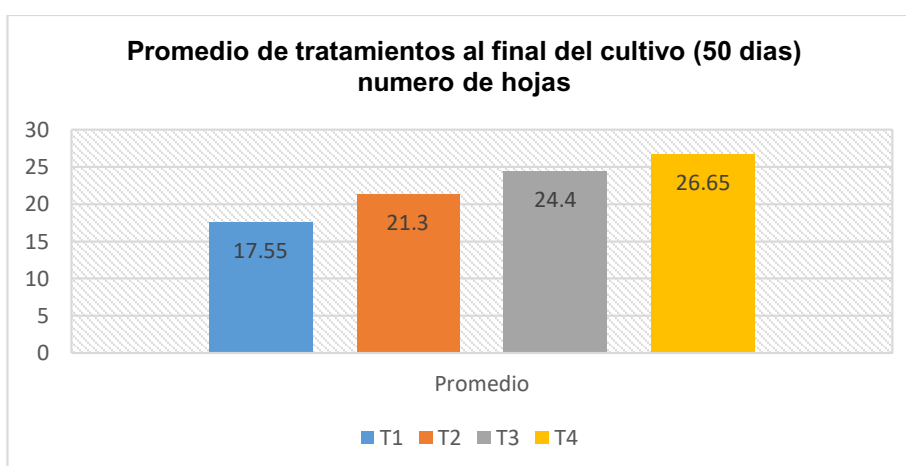
Tabla 13: Análisis de varianza. número de hojas a los 50 días

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
T1	20	351	17.55	1.20789474		
T2	20	426	21.3	0.32631579		
T3	20	488	24.4	0.56842105		
T4	20	533	26.65	1.81842105		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	935.45	3	311.816667	318.094855	6.4408E-43	2.72494392
Dentro de los grupos	74.5	76	0.98026316			
Total	1009.95	79				

Fuente: Elaboración propia

Analizando los datos observadores en la tabla 13 de la varianza con respecto al números de hojas al final del cultivo el todo el tratamiento, se puede observar que el valor estadístico “f” es mayor que el valor crítico. En el tratamiento T4 se muestran valores por encima de los tratamientos T3. T2, T1, los resultados que se mencionan se pueden observar de forma clara en el grafico 12.

Gráfico 12: Promedio del número de hojas a los 50 días



Fuente: Elaboración propia

9.6.2. Análisis de varianza de un factor peso en altura (cm).

Tabla 14: Análisis de varianza parámetro altura en (cm) a los 50 días

RESUMEN							
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
T1	20	305	15.25	1.67105263			
T2	20	398	19.9	1.46315789			
T3	20	450	22.5	1.73684211			
T3	20	497	24.85	1.71315789			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	1015.65	3	338.55	205.673861	2.211E-36	2.72494392	
Dentro de los grupos	125.1	76	1.64605263				
Total	1140.75	79					

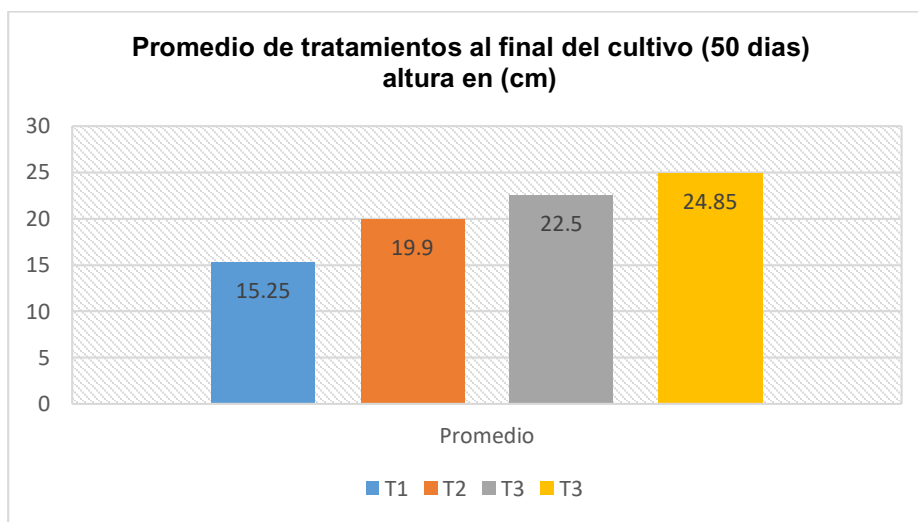
Fuente: Elaboración propia

En la presente tabla 14 se muestran datos correspondientes a la varianza de un factor en relación de la altura en (cm) observamos que el valor estadístico “f” es

superior al valor crítico, y se concuerda que los tratamientos muestran diferencias significativas.

El tratamiento T 4 contiene una media de 24.85 (cm) siendo esta superior a los demás tratamientos T3, T2, T1, los resultados pueden verse en el grafico 13.

Gráfico 13: Promedio de altura en (cm) a los 50 días



Fuente: Elaboración propia

9.6.3. Análisis de varianza de un factor peso en peso (g)

Tabla 15: Análisis de varianza parámetro peso en (g) a los 50 días

RESUMEN							
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
T1	20	2044	102.2	18.4842105			
T2	20	3130	156.5	17.4210526			
T3	20	3232	161.6	2.88421053			
T4	20	3924	196.2	50.4842105			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	90560.55	3	30186.85	1352.55312	7.8139E-66	2.72494392	
Dentro de los grupos	1696.2	76	22.3184211				
Total	92256.75	79					

Fuente: Elaboración propia

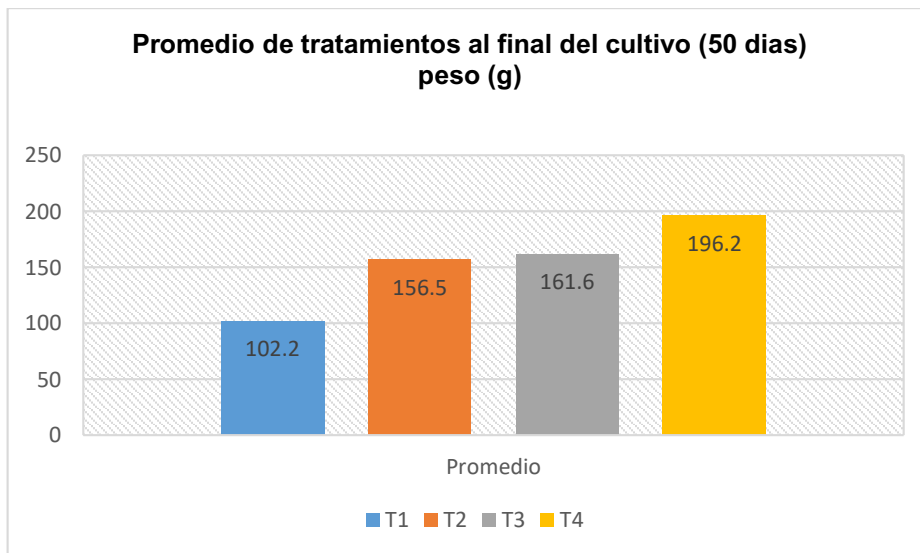
Analizando los datos que muestra la tabla 15 correspondientes a la varianza de un factor en relación del peso en gramos (g) observamos que el valor estadístico “f” es

superior al valor crítico, y se concuerda que los tratamientos muestran diferencias significativas.

El tratamiento T 4 contiene un promedio de peso de 196.5g superior a los tratamientos T3 y T2 que llevan valores casi iguales, siendo el tratamiento T1 el más bajo de todos.

En el grafico 14 se puede observar de manera más sintetizada y organizada escalada los porcentajes entre tratamientos.

Gráfico 14: Promedio de peso (g) a los 50 días

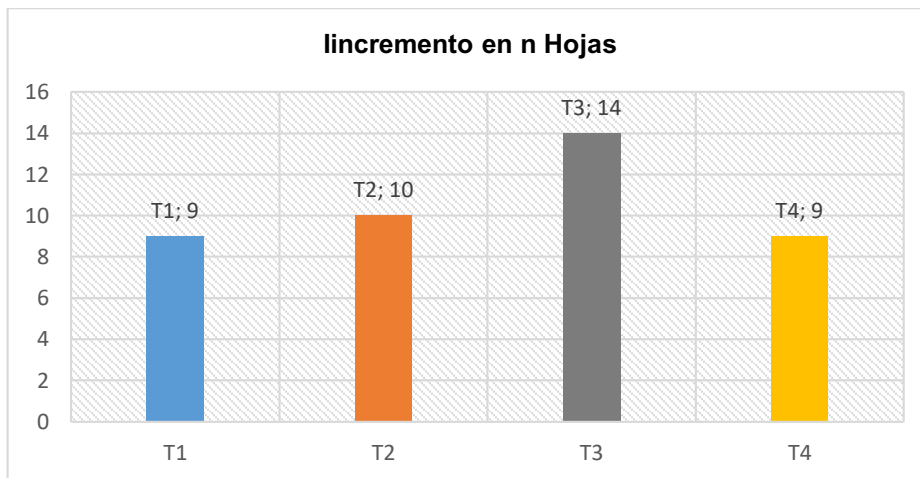


Fuente: Elaboración propia

9.7. Análisis de datos de incremento

Los siguientes datos muestra de forma gráfica el incremento que existe entre las muestras dentro del ciclo del cultivo, por ejemplo, en el tratamiento T1, T2, T3, T4, con las muestras de datos intermedio en relación al aumento de valores de T1, T2, T3, T4, al final del ciclo del cultivo.

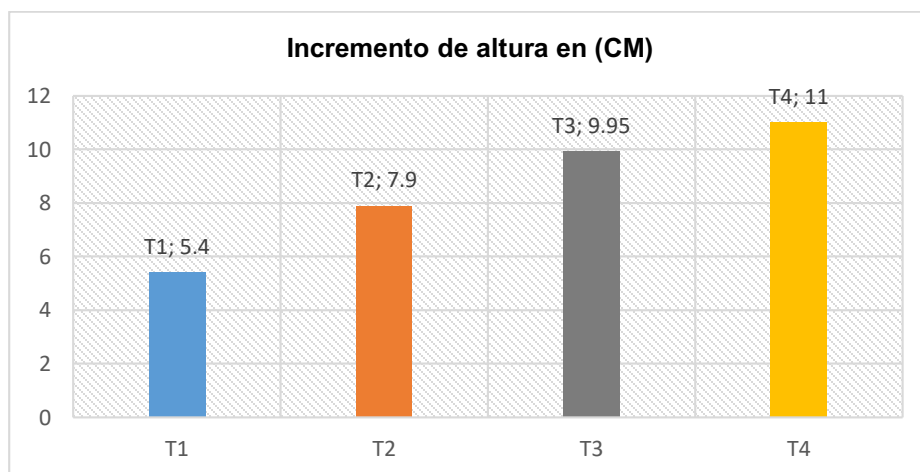
Gráfico 15: Incremento en número de hojas por cada tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Al analizar los datos obtenidos previo a las muestras de tratamientos en relación a la media de aumento de valores correspondiente al incremento en hojas podemos decir que el tratamiento "T3" tiene un incremento por encima de T2, T1 y T4 siendo estos dos últimos similares.

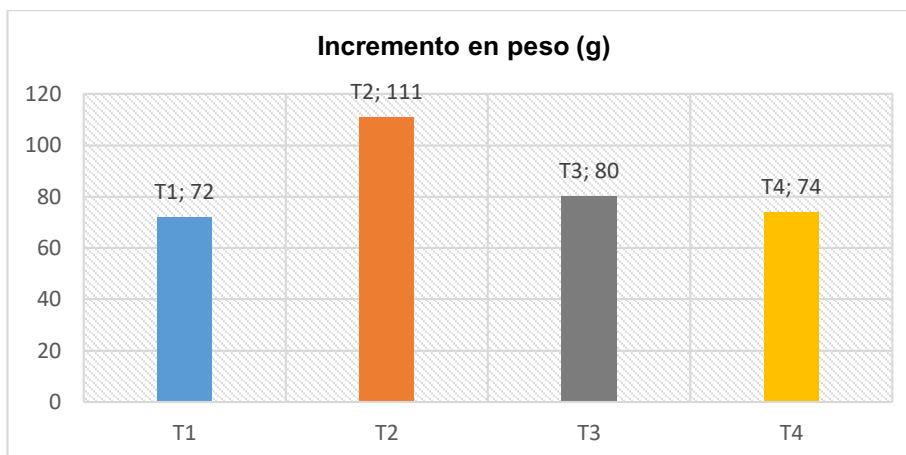
Gráfico 16: Incremento en altura (cm) por cada tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Al analizar los datos obtenidos previo a las muestras de tratamientos en relación a la media de aumento de valores correspondiente al incremento altura (cm) podemos decir que el tratamiento "T4" tiene un incremento por encima de T1, T2 y T3.

Gráfico 17: Incremento en peso (g) por cada tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Al analizar los datos obtenidos previo a las muestras de tratamientos en relación a la media de aumento de valores correspondiente al incremento de peso en g (gramos), podemos decir que el tratamiento “T2” tiene un incremento por encima de T3, T4 y T1.

9.7.1. Análisis de varianza de un factor incremento N hojas

Tabla 16: Análisis de varianza parámetro incremento entre número de hojas

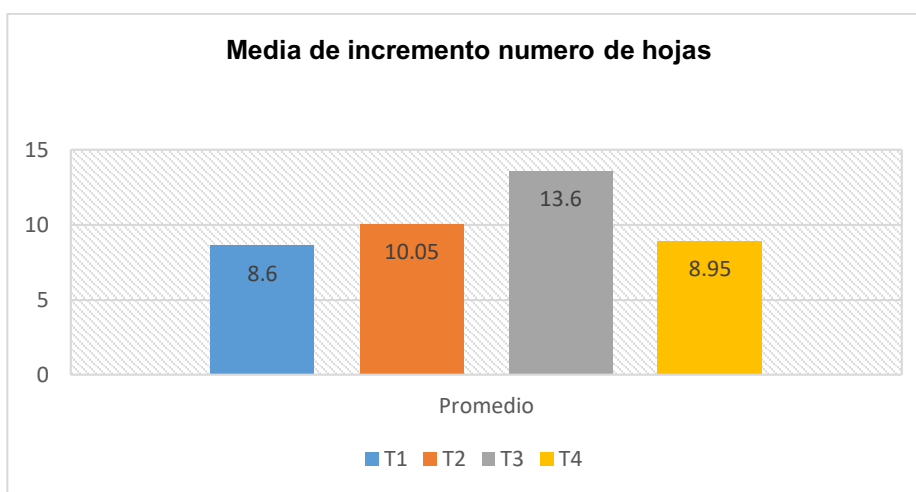
RESUMEN							
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza			
T1	20	172	8.6	1.51578947			
T2	20	201	10.05	1.31315789			
T3	20	272	13.6	1.09473684			
T4	20	179	8.95	1.31315789			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	313.3	3	104.433333	79.7681742	2.0306E-23	2.72494392	
Dentro de los grupos	99.5	76	1.30921053				
Total	412.8	79					

Fuente: Elaboración propia

Analizando la tabla 16 correspondiente al análisis de varianza de un factor de todos los incrementos de los tratamientos del cultivo, muestran que el valor estadístico “F” es mayor que el valor crítico.

De acuerdo con el gráfico 18 de los tratamientos que presentan un incremento en número de hojas el mayor fue el tratamiento T 3, sobre los tratamientos T4, T2, T1.

Gráfico 18: Media de incremento en número del hojas por cada tratamiento



Fuente: Elaboración propia

9.7.2. Análisis de varianza de un factor incremento altura (cm)

Tabla 17: Análisis de varianza parámetro altura en (cm)

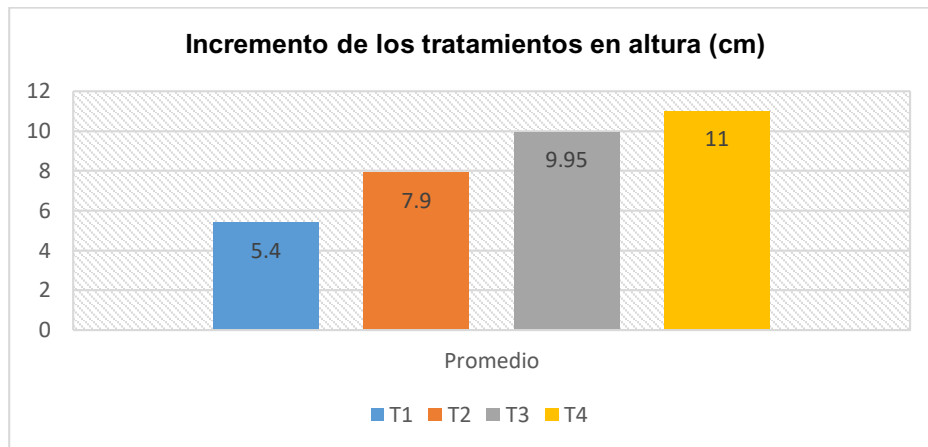
RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
T1	20	108	5.4	2.67368421		
T2	20	158	7.9	3.14736842		
T3	20	199	9.95	2.89210526		
T4	20	220	11	4.52631579		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	366.1375	3	122.045833	36.8733188	8.153E-15	2.72494392
Dentro de los grupos	251.55	76	3.30986842			
Total	617.6875	79				

Fuente: Elaboración propia

Analizando la tabla 17 correspondiente al análisis de varianza de un factor de todos los incrementos de los tratamientos en relación al parámetro de altura entre los últimos días y los datos totales tomados al final del ciclo del cultivo, muestran que el calor estadístico “f” es mayor que el valor crítico.

El tratamiento que presentó un incremento de su producción con respecto a la altura fue el tratamiento T 4, sobre los tratamientos T3, T2, T1, dicho dato se presenta en el gráfico 19.

Gráfico 19: Media de incremento de altura (cm) por cada tratamiento



Fuente: Elaboración propia

9.7.3. Análisis de varianza de un factor incremento peso

Tabla 18: análisis de varianza incremento de peso por tratamientos

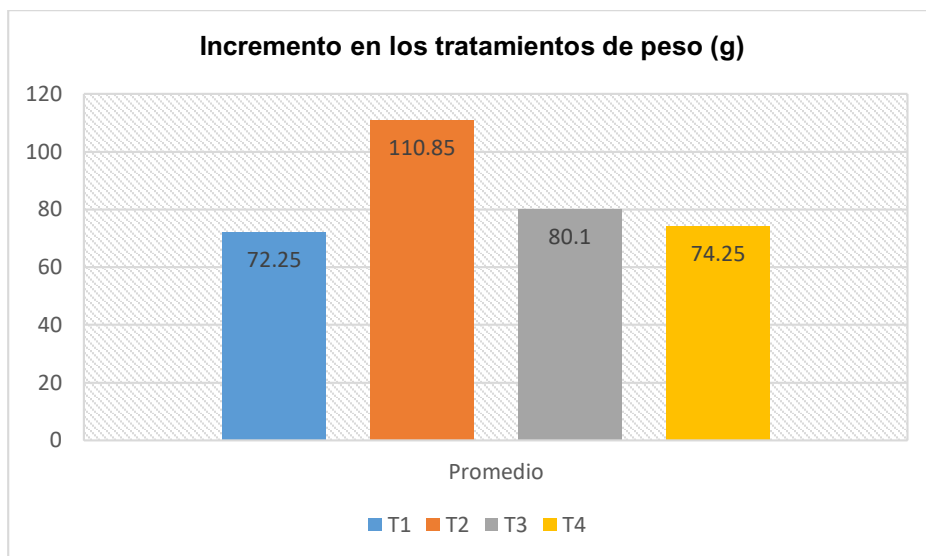
RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
T1	20	1445	72.25	23.1447368		
T2	20	2217	110.85	20.1342105		
T3	20	1602	80.1	7.04210526		
T4	20	1485	74.25	90.6184211		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	19374.6375	3	6458.2125	183.290382	1.0562E-34	2.72494392
Dentro de los grupos	2677.85	76	35.2348684			
Total	22052.4875	79				

Fuente: Elaboración propia

Analizando los datos presentes en la tabla 18 correspondiente al análisis de varianza de un factor de todos los incrementos de los tratamientos en relación al parámetro de peso en (g) entre los últimos días y los datos totales tomados al final correspondientes al peso del ciclo del cultivo, muestran que el calor estadístico “F” es mayor que el valor crítico, y esto muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos.

El tratamiento que presento un incremento de su producción con respecto al peso fue el tratamiento T 3, sobre los tratamientos T4, T3, T1. Los datos se pueden observar de manera sintetizada en el grafico 20.

Grafico 20: Media de incremento en peso (g) por cada tratamiento



Fuente: Elaboración propia

9.8. Estimación económica de sistema

En el presente proyecto se realizó compras de forma que el sistema funcione en óptimas condiciones con el menor gasto posible en cuanto a materiales y herramientas para su construcción.

Tabla 19: Estimación económica del sistema acuapónico

Descripción	Unidad	Costo por unidad	costo total
Cultivo:			
-semillas de lechuga	1 paquete 350 semillas	\$ 1.50	\$1.50
Tanques:			
-Tanque de 1000l	2	\$ 15	\$30
-Tanque de 200l	2	\$ 10	\$20
-Tachos de 20 l	4	\$ 5	\$10
Bombas:			
-Bomba de agua	2	\$35	\$70
-Bomba de aire	1	\$80	\$80
-Mangueras de aireación	6	\$2	\$12
Sistema de NFT			
-Tubería de 4" 3m	12	\$5.76	\$69.12
-vasos para canastilla	4	\$0.90	\$3.60
-fibra de coco	1kg	\$1	\$1
-Adaptador de tanque	6	\$2.29	\$13.74
-Nudos de agua	4	\$2	\$8
- Te de media	14	\$0.61	\$8.54
- Codos de media	8	\$0.35	\$2.80
- Neplos pequeños	6	\$0.25	\$1.50
- Adaptadores de tanque media pulgada	10	\$2.55	\$25.50
- Tubos de agua de media	2	\$8	\$16
- Adaptadores para manguera	14	\$0.15	\$2.10
- Manguera de jardinería	10 m	\$0.50	\$5
- Llaves de media	18	\$1	\$18
Sistema eléctrico			
-Cable doble # 12	20 m	\$0.70	\$14
-Tomacorriente doble salida	4	\$0.80	\$3.20
-Conector enchufe	2	\$1.50	\$3
-Focos	2	\$1.50	\$3
-Boquillas	2	\$0.90	\$1.80
-Breque de seguridad 50 ^a	2	\$3.50	\$7
-Panel de breque cubierta	1	\$4.00	\$4.00
-Interruptores eléctricos	2	\$0.60	\$1.20
-Cinta de aislamiento	2	\$0.75	\$1.50
Total:			\$ 437.10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20 Estimación de valor en iluminación artificial

Descripción	Unidad	Costo por unidad	costo total
Tiras de luces leds con controlador de espectro radiante	4 6m / u	\$10	\$40
Cable doble # 12	10 m	\$0.70	\$7
Tomacorriente doble salida	2	\$0.80	\$1.60
Línea de madera barrotes 4cm x 4cm	8	\$2	\$16
Lona blanca para cubierta del panel	6 6x6 m	\$1.50	\$9
total			\$ 73.60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Estimación económica cultivo de tilapia

Descripción	Unidad	Costo por unidad	costo total
Tilapias <i>oreochromis spp</i>	20	\$0.65	\$13
Agua para sistema de acuapónico	4 x (1000L)	\$5	\$20
Comida para tilapia 28% proteína Agripac	½ de saco	\$8.67	\$8.67
Total			\$ 41.67

Fuente: Elaboración propia

X. CONCLUSIONES

Respecto los datos de los tratamientos en cuanto a un aumento del fotoperiodo con luces leds en un sistema acuaponico con diferentes porcentajes en el recambio de agua no muestra diferencias favorables en comparación con los sistemas tradicionales de Acuaponía en cuanto al peso. Aunque los resultados de altura y número de hojas se mantiene el rango en comparación aceptable en el mismo tiempo de producción de 50 días.

En base a los resultados finales y de comparación entre los tratamientos podremos observar que, si existen mejoras en la producción en base a un incremento de tiempo en fotoperiodo, y dicho resultado mediante el espectro radiante azul. Basado en los resultados se podría decir que el periodo optimo es aquel en el que se mantiene a la planta bajo luminosidad por 18 horas luz artificial.

En conclusión, de esta investigación en base a los resultados del análisis Anova, muestra que el tratamiento T4 con un porcentaje de recambio de agua del 75 % y 50 % más de foto periodo correspondiente a 18 de horas luz artificiales de espectro radiante azul es el mejor entre los 4 tratamientos. Por lo tanto, se demuestra que a mayor intensidad de fotoperiodo y un recambio de agua ajustado al 75% será mejor el desarrollo en comparación con los otros tratamientos.

En tratamientos a pequeña escala no es recomendable realizar este tipo de producción puesto que el coste es muy elevado en relación a las ganancias que se pueden obtener. El sistema de implementación de luces leds del tratamiento T4 se reconoce que la media peso, altura y numero de hojas con un coste de 138 dólares que resulta de la división del costo en implementación por cada uno de los tratamientos.

XI. RECOMENDACIONES

Es recomendable experimentar con más variedades de peces para ver de qué forma podrían adaptarse al sistema al igual que maximizar la producción de peces por estanque, y siempre llevar el control de producción por etapa del cultivo, midiendo la etapa de las tilapias puesto que a ciertas edades contribuyen más con sus desechos.

Para futuras investigaciones es recomendable que se trabaje con sistemas intensivos de forma que también el espectro radiante se presente en un 80 o 100% del ciclo de vida del cultivo, exponiéndolo así a un periodo más corto de producción.

Se recomienda mejorar el sistema de iluminación artificial mediante el método de láminas con paneles mucho más reflectantes, puesto que la utilización de luces leds en este proyecto fue implementada por medio de marco. Es necesario seguir investigando en el sistema de adaptación de los sistemas de recirculación para controlar mejor el tema de estancamiento por tubería, ya que se pegan dentro de las paredes por lo tanto bajan la velocidad de circulación por ende es recomendable que se trabaje con tuberías de mayor tamaño.

Se aclara que este tipo de investigaciones es experimental para verificar el coste que conlleva realizar una producción con consumo de energía eléctrica, puesto que en los resultados arroja que es un consumo muy elevado se recomienda trabajar con sistemas de alimentación, generadores de energía solares o eólicos para así evitar otro gasto en producción ya que sería mayor el gasto energético en comparación con las ganancias del sistema productivo.

La condición climática de este tipo de producciones conlleva a daños en los sistemas de producción de espectro radiante, por ende, se requiere siempre verificación constante del sistema así mismo del consumo de los transformadores de energía.

Se recomienda maximizar la producción de hortalizas a nivel de pruebas de espacio entre las mismas y utilizar otro sistema de recirculación que combine la gravedad con sistemas de recirculación y aireación para el cultivo de peces. Pero aun así el coste de producción es elevado en relación con las ganancias que se puedan obtener de la producción del cuarto tratamiento por eso se recomienda maximizar el sistema de NTF y maximizar el número de plantas, así recirculación tendría parámetros de pH o amoniaco y amonio más bajos ya que en un sistema con mayor número de plantas es mayor el filtro generado.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- Aponte, S; Cardona, K. 2020. Desarrollo de un sistema acuapónico para la generación de alternativas alimentarias de autoconsumo o comunales a bajo costo. Bogotá. Colombia. 10p. Consultado 12 agosto. 2021.
Disponible en: <https://n9.cl/3hs7q>
- Avendaño, V; González, S; Munguia, P; Maldonado, L; Hernández, R; Maldonado, A; Niño, G; Rodríguez, H; Vidales, J. 2020. Crecimiento y absorción total nutrimental de lechuga romana tipo baby cultivada con iluminación led bajo sistema fábrica de plantas. Nuevo León. México. 1p. Consultado 12 agosto. 2021.
Disponible en: [https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2020/116-4/ITEA%20116-4%20\(280-293\).pdf](https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2020/116-4/ITEA%20116-4%20(280-293).pdf)
- Bañuelos, J. 2017 Acuaponía: parámetros básicos de diseño. Coahuila. México. 3p.
Disponible en: <https://n9.cl/hqup2>
- Bustamante, m. 2012. "Estudio de los efectos de la luz leds sobre la producción en dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un sistema hidropónico NFT vertical. Guayaquil. Ecuador. 8p.
Disponible en: <https://n9.cl/2amx>
- Carvajal. J. 2014. Comparación de Parámetros zootécnicos y de calidad de agua de tres sistemas de precría de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en el Municipio de Puerto Triunfo. Antioquia. Colombia. 22p. Disponible en: <https://n9.cl/s0ov7>
- Castro, E; Mayorga, G; Paredes, O. 2020. Evaluación de capacidad de absorción de nutrientes usando lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un sistema acuapónico de tilapia (*Oreochromis niloticus*.) Departamento acuícola UNAN. León. Nicaragua. 19p.
Disponible en: <https://n9.cl/qbsx>
- Churuchumbi, V. 2019. Evaluación de la dieta con harina de larva de cutzo (*phyllophaga spp.*) En la alimentación de cría y juvenil de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) En la parroquia la carolina, Ibarra. Ibarra. Ecuador. 8p.
Disponible en: <https://n9.cl/7tuza>
- Climate data org.2021. información edafoclimática de Montecristi, Manabí, Ecuador. (en línea, sitio web). Consultado 12 ago. 2021. Disponible en: <https://es.climate-data.org/americadel-sur/ecuador/provincia-de-manabi/montecristi-25447/>
- Fajardo,L; Chávez. M. 2012. Análisis de la producción, comercialización y rentabilidad del cultivo de la tilapia roja (*Oreochromis mossambicus*) en la zona de Quevedo, parroquia la esperanza. Los Ríos. Ecuador. 10-12p. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4380/1/T-UTEQ.062.pdf>

- Flores, S; Castillo, A; Valdez, L; Avitia, E. 2021. Uso de diferentes proporciones de led rojos y azules para mejorar el crecimiento de *Lilium spp.* Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. volumen 12 número 5. 835-847p. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8052386>
- Flores, L; Madrid, J. 2013. Comparación de la producción de lechuga de cultivares Maximus, Locarno, Versai, y kristine en acuaponia con tilapia en zamorano. Escuela agrícola panamericana, Zamorano. Honduras. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1740/1/CPA-2013-036.pdf>
- Frutos, A. 2018. Revisión de nuevas técnicas de producción para cultivos de hoja. Revista Doctorado UMH. España. Elche. 4p. Disponible en: <https://revistas.innovacionumh.es/index.php/doctorado/article/view/651/1002>
- Iluminet-madrid.org. 2015. Consejería de Economía y hacienda, organización dirección general de industria, energía y minas (en línea, sitio web). Consultado el 12 de oct.2021. Disponible en: <https://n9.cl/awafd>
- Jimenes, A. 2013. Acuaponía herramienta educativa para el aprendizaje transversal de las ciencias. Perú. 84p. Disponible en: <http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/article/view/1113>
- Lindao, V; Estrada, J; Mantilla, C; Carpio, C. 2021. Efecto de la iluminación leds de 150 W en la producción aeroponica de acelga (*Beta vulgaris Subsp. vulgaris L.*) Var. Ford Hook Giant in greenhouse. Riobamba. Ecuador. 160p. Disponible en: <https://www.dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1634/3139>
- Martínez, B. 2019. Evaluación del biosol generado en la producción de biogás, como biofertilizante en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*). Tungurahua. Ecuador. 6p.
- Maldonado, S; Vargas, V. 2005. “Control de *Rhizoctonia sp.* En plantas de lechuga (*Lactuca sativa*) con bacillus subtilis proveniente de biol de papa prehidrolizada” Sangolqui. Ecuador. 8p. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5137/1/T-ESPE-002927.pdf>
- Mendoza, J; Castillo, A; Avitia, E; Valdez, L; Garcia, M. 2020. Efecto de diferentes proporciones de luz LED azul:roja en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense Jacq.*). Revista de ciencias Biológicas y de la salud “Biotecnia”. Volumen XXIII. Número 1. 110-119p Chapingo. México. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/biotecnia/v23n1/1665-1456-biotecnia-23-01-110.pdf>
- Moreno, I. 2012. LED evolución en iluminación. Academia Mexicana de Optica, A,C. Zacatecas. México. 4p. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/265086670_LED_Evolucion_en_Iluminacion

- Muñoz, C. 2018. Identificación morfológica de los hongos causantes de la pudrición radicular en lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el valle de Tumbaco. Quito. Ecuador. 5p. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15114/1/T-UCE-0004-A78-2018.pdf>
- Paniagua, G; Hernández, C; Rico, F; Domínguez, F; Martínez, E; Martínez, C. 2015. Efecto de luz de alta intensidad sobre la germinación y crecimiento de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* L.). Instituto politécnico nacional.
- Peña, C. 2020. Efecto de la luz solar en la producción de lechugas (*Lactuca sativa* L.) bajo un sistema hidropónico. Milagro. Ecuador. 12p. Disponible en: https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/Roxana%20Vera%20Leon_compressed.pdf
- Ramos, Y; Ramírez, E. 2016. Desarrollo de un sistema de iluminación artificial led para el cultivo en interiores vertical farming (vf). Diseño e Ingeniería Tecnoparque Astin. Cali. Colombia. 113p. Disponible en: <https://n9.cl/rmbt>
- ResearchGate (en línea, sitio web). Bures, S; Urrestarazu, M; Kotiranta, S. 2018. Iluminación artificial en agricultura. Efecto de la intensidad y calidad de la iluminación en la horticultura respetuosa con el medio ambiente y la salud humana. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/322821562_ILUMINACION_ARTIFICIAL_EN_HORTICULTURA
- Ruiz, J. 2014. Iluminación con leds en proyecto final de carrera. Zaragoza. España. 7p. Disponible en: https://armadaled.org/pdf_books/iluminacion_con_diodes_led.pdf
- Rojas, M. 2019. Evaluación del desarrollo de la lechuga "*Lactuca sativa*" en un sistema hidropónico recirculante aplicando dos soluciones nutritivas en base a microorganismos benéficos (MOBS) en el cantón paute- Azuay – Ecuador. Azuay. Ecuador. 6p. Disponible en: <https://n9.cl/ebxh>
- Rosa, O. 2015. cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) bajo condiciones de valle del rimac lima. Universidad Agraria la Molina. Lima. Perú. 9p. Disponible en: <https://n9.cl/kes1>
- Salinas, C. 2013. Introducción de cinco variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) En el barrio santa fe de la parroquia Atahualpa en el cantón Ambato. 5p.
- Sánchez, A. 2017. Sistema de producción sostenible de plantas y peces (Acuaponía): caso de México. Revista Científica Monfragüe Resiliente. Volumen VIII, Nº 2. 153-157p. Disponible en: <https://www.eweb.unex.es/eweb/monfragueresiliente/numero16/Art9.pdf>
- Saavedra, G; Corradini, F; Antunez, A; Felmer, S; Estay, P; Sepulveda, P. 2017. Manual de producción de lechuga. Instituto de investigaciones Agropecuarias (INIA). Nº374. Santiago. Chile. 19p.

Disponible en: <https://n9.cl/rg3ay>

Saavedra, M. 2003. Manejo del cultivo de tilapia. Centro de investigaciones de Ecosistemas Acuáticos (CIDEA). Universidad centro americana UCA. 8-25p. Disponible en: http://repositorio.uca.edu.ni/2273/1/2003_introducci%C3%B3n_al_cultivo_de_tilapia.pdf

Sierralta, V. 2019. Caracterización molecular de bacterias patógenas causantes de enfermedades en cultivo de tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) en un sistema intensivo en el departamento de Lima. Perú. 10p. Disponible en: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/10637/Sierralta_chv.pdf?sequence=8&isAllowed=y

Taboada, R. 2019. Luz led azul y roja en germinación para la producción de germinado hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Lambayeque. Lambayeque. Perú. 23p. Disponible en: <https://n9.cl/q8z8y>

Vázquez, J. 2015. Evaluación agronómica de Cinco variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres ciclos de siembra consecutivos, en san miguel de la tigrá, san Carlos, Alajuela, C.R. Cartago. Costa Rica. 4p. Disponible en: <https://n9.cl/vokn1>

Zavaleta, E. 2019. Zonificación agroclimática de los cultivos de fresa (*Fragaria chiloensis* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.) y repollo (*Brassica oleracea var capitata* L.) en el departamento de Chalatenango, el salvador Ciudad universitaria. El salvador. 2p. Disponible en: <https://n9.cl/y8kiq>

XIII. ANEXOS

Tratamiento 1 25 % LUZ 25 % AGUA			FECHA: 12 DE MAYO – 7 DE JULIO 2021		
Día	pH	NH ₄ /NH ₃ mg /l	Día 1 con recambio de 25% de agua	pH	NH ₄ /NH ₃ mg /l
1.	6.5	0	1.	7.0	0.5
2.	6.5	0	2.	7.0	0.5
3.	6.5	0	3.	7.0	0.5
4.	6.5	0	4.	7.0	0.5
5.	6.5	0	5.	7.5	0.5
6.	6.5	0	6.	7.5	0.5
7.	6.5	0	7.	7.5	0.5
8.	6.5	0	8.	8.0	0.5
9.	6.5	0	9.	8.0	0.5
10.	7.0	0	10.	8.0	0.5
11.	7.0	0	11.	8.0	0.5
12.	7.0	0.5	12.	8.0	0.5
13.	7.0	0.5	13.	8.0	1
14.	7.0	0.5	14.	8.0	1
15.	7.0	0.5	15.	8.0	1
16.	7.5	0.5	16.	8.0	1
17.	7.5	0.5	17.	8.0	1
18.	7.5	0.5	18.	8.5	1
19.	7.5	0.5	19.	8.5	1
20.	7.5	0.5	20.	8.5	1
21.	7.5	0.5	21.	8.2	1
22.	5.5	0.5	22.	8.5	1
23.	5.5	2.0	23.	9.0	1
24.	5.5	2.0	24.	9.0	1
25.	5.5	2.0	25.	9.0	1

Anexo 1: Parámetros de pH y amonio tratamiento 1

Fuente: Elaboración propia

Tratamiento 2 25 % LUZ 75 % AGUA			FECHA: 12 DE MAYO – 7 DE JULIO 2021		
Día	pH	NH ₄ /NH ₃ mg /l	Día 25 se hace recambio de 75% de agua	pH	NH ₄ /NH ₃ mg /l
1.	6.5	0	1.	6.5	0.5
2.	6.5	0	2.	6.5	0.5
3.	6.5	0	3.	7.0	0.5
4.	6.5	0	4.	7.0	0.5
5.	6.5	0	5.	7.0	0.5
6.	6.5	0	6.	7.0	0.5
7.	6.5	0	7.	7.5	0.5
8.	6.5	0	8.	7.5	0.5

9.	6.5	0	9.	7.5	0.5
10.	6.5	0	10.	7.5	0.5
11.	6.5	0.5	11.	7.5	0.5
12.	6.5	0.5	12.	8.0	0.5
13.	6.5	0.5	13.	8.0	0.5
14.	7.0	0.5	14.	8.0	0.5
15.	7.0	0.5	15.	8.0	0.5
16.	7.5	0.5	16.	8.0	0.5
17.	7.5	0.5	17.	8.5	0.5
18.	7.5	0.5	18.	8.5	0.5
19.	7.5	0.5	19.	8.5	1
20.	7.5	0.5	20.	8.5	1
21.	7.5	0.5	21.	8.5	1
22.	7.5	0.5	22.	9.0	1
23.	7.5	0.5	23.	9.0	1
24.	7.5	1	24.	9.0	1
25.	8.0	1	25.	9.0	1

Anexo 2: Parámetros de pH y amonio tratamiento 2

Fuente: Elaboración propia

Tratamiento 3					
50 % LUZ 25 % AGUA			FECHA: 7 JULIO - 26 DE AGOSTO		
Día	pH	NH ₄ /NH ₃ mg /l	Día 25 se hace recambio de 25% de agua	pH	NH ₄ /NH ₃ mg /l
1.	6.5	0	1.	6.5	0
2.	6.5	0	2.	6.5	0
3.	6.5	0	3.	6.5	0
4.	6.5	0	4.	6.5	0
5.	6.5	0	5.	6.5	0
6.	6.5	0	6.	6.5	0
7.	6.5	0	7.	7.0	0.5
8.	6.5	0	8.	7.0	0.5
9.	6.5	0	9.	7.0	0.5
10.	6.5	0	10.	7.0	0.5
11.	6.5	0	11.	7.0	0.5
12.	6.5	0	12.	7.0	0.5
13.	7.0	0.5	13.	7.0	0.5
14.	7.0	0.5	14.	7.0	0.5
15.	7.0	0.5	15.	7.0	0.5
16.	7.0	0.5	16.	7.0	0.5
17.	7.0	0.5	17.	7.5	0.5
18.	7.0	0.5	18.	7.5	0.5
19.	7.0	0.5	19.	7.5	0.5
20.	7.0	0.5	20.	7.5	0.5
21.	7.0	0.5	21.	7.5	0.5
22.	7.0	0.5	22.	8.0	0.5
23.	7.5	0.5	23.	8.0	1

24.	7.5	1	24.	8.0	1
25.	7.5	1	25.	8.5	1

Anexo 3: Parámetros de pH y amonio tratamiento 3

Fuente: Elaboración propia

Tratamiento 4					
50 % LUZ 75 % AGUA			FECHA: 7 JULIO - 26 DE AGOSTO		
Día	pH	NH ₄ /NH ₃ mg /l	Día 25 se hace recambio de 75% de agua	pH	NH ₄ /NH ₃ mg /l
1.	6.5	0	1.	6.5	0
2.	6.5	0	2.	6.5	0
3.	6.5	0	3.	7.0	0
4.	7.0	0	4.	7.0	0
5.	7.0	0	5.	7.0	0
6.	7.0	0	6.	7.0	0
7.	7.0	0	7.	7.0	0
8.	7.0	0	8.	7.0	0
9.	7.0	0	9.	7.0	0.5
10.	7.0	0	10.	7.0	0.5
11.	7.0	0	11.	7.0	0.5
12.	7.0	0.5	12.	7.0	0.5
13.	7.0	0.5	13.	7.0	0.5
14.	7.0	0.5	14.	7.0	0.5
15.	7.0	0.5	15.	7.0	0.5
16.	7.0	0.5	16.	7.5	0.5
17.	7.0	0.5	17.	7.5	0.5
18.	7.0	0.5	18.	7.5	0.5
19.	7.0	0.5	19.	7.5	0.5
20.	7.5	0.5	20.	7.5	0.5
21.	7.5	0.5	21.	7.5	0.5
22.	7.5	0.5	22.	8.0	1
23.	7.5	0.5	23.	8.0	1
24.	7.5	0.5	24.	8.0	1
25.	7.5	1	25.	8.5	1

Anexo 4: Parámetros de pH y amonio tratamiento 4

Fuente: Elaboración propia



Anexo 5: Localización geográfica del sitio experimental. Los ángeles barrio las jacuantas



Anexo 6: Construcción del sistema de protección e instalación del sistema de recirculación



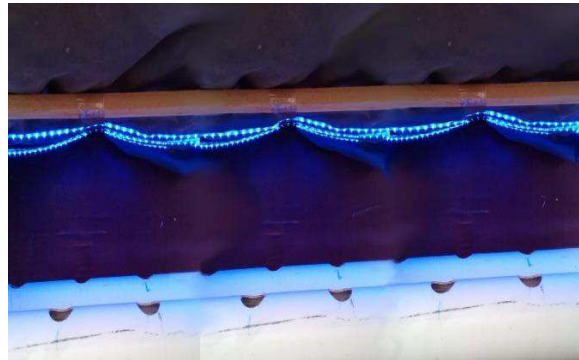
Anexo 7: Protección con sarán 50 % de luminosidad (aquí se colocó el 50% de la protección con sarán)



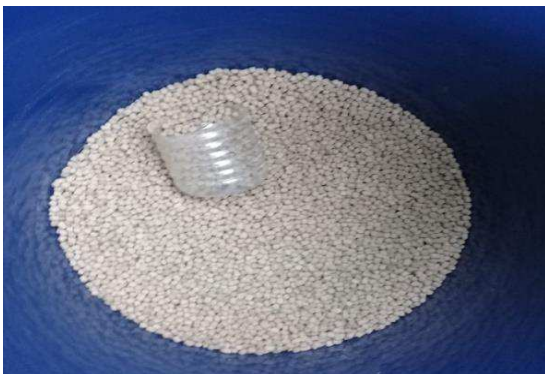
Anexo 8: Biofiltro (el biofiltro es parte del sistema permitiendo que los desechos más grandes puedan pasar al reservorio final del sistema, es decir el agua residual no llega directo a las plantas)



Anexo 9: Plántulas de lechuga



Anexo 10: instalación y ajuste de tiras leds para sistema Acupónico



Anexo 11: Comida para tilapia



Anexo 12: Sistema de alimentación y recirculación luego de biofiltro



Anexo 13: Deposito final de agua antes del retorno al sistema



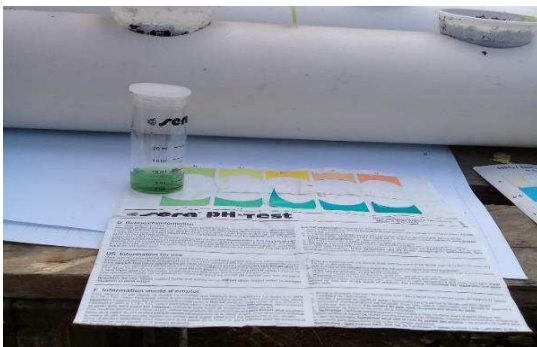
Anexo 14: Imágenes de variedad de tilapia



Anexo 15: Implementación de cultivo de tilapia



Anexo 16: Punto final de la recirculación de agua



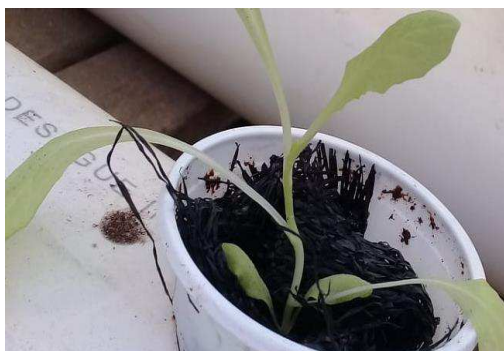
Anexo 17: Toma parámetro de pH



Anexo 18: Toma de parámetros de amonio



Anexo 19: Bomba sumergible para recirculación 38W



Anexo 30: Plántula con déficit de fuerza en el tallo dentro del sistema con sistema 25% luz, 25% agua



Anexo 41: Lechuga T1 en el sistema



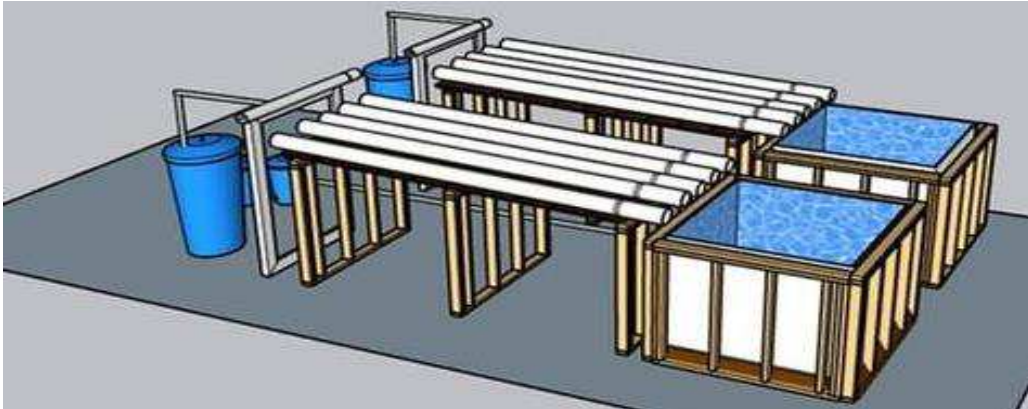
Anexo 52: Lechuga T2 en el sistema



Anexo 63: Lechuga T3 en el sistema



Anexo 24: Lechuga T4 en el sistema



Anexo 25: Diseño en 3D de sistema acuapónico



Anexo 26: plántulas de lechuga colocadas en el sistema de iluminación artificial



Anexo 27: Plantas de lechuga días antes de la cosecha