

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



“EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE LUZ LEDS, EN LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA FRESA (*Fragaria ananassa*), VARIEDAD ALBIÓN, EN EL CANTÓN TISALEO”

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERA
AGRÓNOMA

AUTORA

CRISTINA DE LOS ANGELES PÉREZ GUERRERO

TUTOR

Ing. Mg. Marco Pérez

CEVALLOS – ECUADOR

2022-2023

“EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE LUZ LEDS, EN LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA FRESA (*Fragaria ananassa*), VARIEDAD ALBIÓN, EN EL CANTÓN TISALEO”

REVISADO POR:

.....

Ing. Mg. Marco Pérez

TUTOR

Aprobado por los miembros de calificación

FECHA

08/03/2023

.....

.....

Ing. PhD. Patricio Núñez

PRESIDENTE TRIBUNAL

08/03/2023

.....

.....

Ing. Mg. Rita Santana

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

08/03/2023

.....

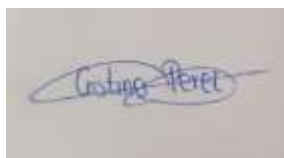
.....

Ing. Mg. Alberto Gutiérrez

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

La suscrita, CRISTINA DE LOS ANGELES PÉREZ GUERRERO, portadora de cedula de identidad número: 1805204623, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: **“EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE LUZ LEDS, EN LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA FRESA (*Fragaria ananassa*), VARIEDAD ALBIÓN, EN EL CANTÓN TISALEO”** es original, autentico y personal. En la virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink that reads "Cristina Pérez".

.....

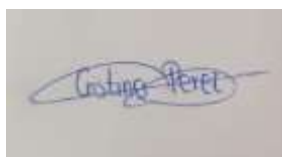
CRISTINA DE LOS ANGELES PÉREZ GUERRERO

DERECHOS DE AUTOR

“Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado **“EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE LUZ LEDS, EN LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA FRESA (*Fragaria ananassa*), VARIEDAD ALBIÓN, EN EL CANTÓN TISALEO”**, como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniera Agrónoma, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice copia de este informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o parte de él”.



.....
CRISTINA DE LOS ANGELES PÉREZ GUERRERO

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación primeramente le dedicado a Dios y la Virgen del Cisne por otorgarme la vida y sabiduría durante todo el proceso.

A mis flamantes padres Manuel Pérez y Laura Guerrero quienes son mi gran ejemplo a seguir y me han brindado su amor, sabiduría y apoyo incondicional. Lo cual con toda la certeza puedo decir que todo su esfuerzo valió la pena, por ende, mi gratitud eterna para tan nobles personas que guían y hacen que mi camino sea más fácil y placentero.

A mis hermanos Fernando, Klever, Lucia y Marlon les doy las gracias por compartir sus conocimientos, con el fin de mejorar mi formación personal. A mi querida abuelita Ubaldina a quien le tengo presente todos los días de mi vida. A mi tío Miguel por ser un ángel que ilumina mi vida con su gran cariño y apoyo.

A mis sobrinos Anthony y Lizbeth con quienes he compartido momentos amenos y me han brindado sus palabras de aliento para seguir en tan arduo proceso. A mi cuñada Gladys por ser un eje fundamental en mi vida.

A mi gran amiga Andrea por brindarme su apoyo desmedido, con quien tuve la dicha de compartir varios momentos que quedan marcados para toda la vida, gracias por brindarme tu amistad sincera. A Fátima por ser una niña que llena de alegría mis días.

A Mishel por ser una persona importante en mi vida universitaria y ser esa amiga increíble.

A mis grandes amigos Segundo, Hugo y Eduardo quienes siempre han estado con un consejo de valentía y superación.

De tal manera les quedo eternamente agradecida por ser parte del presente trabajo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y la Virgencita del Cisne por haberme bendecido al poder cumplir con este sueño tan anhelado. A mi familia por brindarme su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, siendo las personas más importantes en mi diario vivir.

A la familia Cunache Lasluisa por brindarme su afecto y hacerme sentir parte de su hermosa familia.

A la Universidad Técnica de Ambato en específico a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica por ser parte primordial en mi formación académica, otorgándome como una buena profesional ante la sociedad permitiéndome cumplir con este sueño tan importante que es convertirme en Ingeniera Agrónoma.

A mi tutor Ing. Marco Pérez por ofrecer su apoyo y conocimientos para culminar mi etapa de estudio de igual forma a mis calificadores Ing. Alberto Gutiérrez e Ing. Walter Veloz, quienes gentilmente me brindaron sus conocimientos para ejecutar de mejor manera mi proyecto de investigación.

¡A todos muchas gracias!

CRISTINA DE LOS ANGELES PÉREZ GUERRERO

RESUMEN

La fresa (*Fragaria ananassa*) se caracteriza por ser una de las principales frutas consumidas a nivel mundial ya que cuenta con altos niveles de vitaminas, fibras y entre otros nutrientes que son indispensables en una buena nutrición, además por su importancia organoléptica, presentes en el fruto es utilizado como producto fresco o procesado ya sea en la elaboración de conservas, mermeladas, vinos entre otros productos. La presente investigación fue desarrollada con la finalidad de evaluar el efecto de la exposición de la luz artificial LEDS en las características agronómicas del cultivo de fresa, para lo cual se implementó un diseño experimental de parcelas divididas con tres tratamientos y tres repeticiones. Obteniendo resultados positivos en cuanto a las variables de estudios tales como número de hojas, área foliar las cuales fueron reportadas a los 30 y 45 días, así también se procedió a determinar los días al inicio de la floración en la cual se contabilizo los días después del trasplante hasta cuando las plantas presentaron una yema floral verdadera , para la variable concentración de sólidos solubles se determinó los grados Brix con la ayuda de un refractómetro .Para la determinación del calibre del fruto se utilizó un calibrador vernier el cual nos permitió obtener tanto la medición del diámetro polar como ecuatorial máximo del fruto, sin embargo para firmeza del fruto se procedió a utilizar un penetrómetro y por último rendimiento. Demostrando diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos siendo el mejor tratamiento el T2 en cada una de las variables estudiadas. Logrando determinar que la incorporación de luz artificial LEDS en un periodo de horas luz natural + 4 horas de luz artificial LEDS arrojó los mejores resultados en comparación a los demás tratamientos en estudio.

Palabras claves: cultivo, fresa, luz artificial LEDS, tratamientos, rendimiento.

SUMMARY

The strawberry (*Fragaria ananassa*) is characterized as one of the main fruits consumed worldwide because it has high levels of vitamins, fiber and other nutrients that are essential for good nutrition, and also because of its organoleptic importance, present in the fruit is used as a fresh or processed product either in the production of preserves, jams, wines and other products. The present research was developed with the purpose of evaluating the effect of LEDS artificial light exposure on the agronomic characteristics of the strawberry crop, for which an experimental design of divided plots with three treatments and three replications was implemented. Positive results were obtained for the study variables such as number of leaves, leaf area, which were reported at 30 and 45 days, as well as determining the days at the beginning of flowering, in which the days after transplanting were counted until the plants presented a true flower bud, for the variable concentration of soluble solids the Brix degrees were determined with the help of a refractometer. For the determination of fruit size, a vernier caliper was used, which allowed us to obtain both the maximum polar and equatorial diameter of the fruit; however, for fruit firmness, a penetrometer was used, and finally, yield. The results showed significant differences between each of the treatments, with T2 being the best treatment in each of the variables studied. It was determined that the incorporation of artificial light LEDS in a period of hours of natural light + 4 hours of artificial light LEDS yielded the best results compared to the other treatments under study.

KEY WORDS: crop, strawberry, LEDS artificial light, treatments, yield.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes Investigativos.....	3
1.3. Categorías fundamentales	6
CAPÍTULO II.....	14
METODOLOGÍA.....	14
2.1. Ubicación del experimento	14
2.2. Características del lugar	15
2.3. Equipos y Materiales.....	15
2.3.1. Material vegetal	15
2.3.2. Equipos	15
2.3.3. Materiales de campo	16
2.3.4. Materiales de oficina.....	16
2.4. Factores de Estudio	16
2.5. Tratamientos	16
2.6. Diseño Experimental.....	17
2.7. Esquema de Disposición del Ensayo	17
2.8. Manejo del Experimento.....	19
2.9. Variables Respuesta	20
2.10. Procedimiento de la Información.....	22
CAPÍTULO III	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23

3.1. Número de hojas por planta (U).....	23
3.2. Área Foliar (cm²)	24
3.3. Días de la floración	25
3.4. Concentración de sólidos solubles (°Bx)	26
3.5. Calibre del fruto (mm)	27
3.6. Firmeza del fruto (kg/cm ²).....	28
3.7. Rendimiento (t/ha)	29
CAPÍTULO IV	31
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
4.1. Conclusiones	31
4.2. Recomendaciones	32
Referencias Bibliográficas.....	33
Anexos.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonomica del cultivo de fresa (<i>Fragaria ananassa</i>)	7
Tabla 2. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de fresa	8
Tabla 3. Principales plagas en el cultivo de fresa.....	9
Tabla 4. Principales enfermedades en el cultivo de fresa.....	10
Tabla 5. Horas día + horas LEDS.....	16
Tabla 6. Características del ensayo.....	17
Tabla 7. Horas, promedio máximas diario y mensual de fuerte insolación.....	18
Tabla 8. Horas máximas, promedio diario y mensual de fuerte insolación más 2 horas luz (LEDS)	18
Tabla 9. Horas máximas, promedio diario y mensual de fuerte insolación más 4 horas luz (LEDS).	19
Tabla 10. Manejo de fertilización y plagas.....	20
Tabla 11. Análisis estadístico de la variable número de hojas por plantas.....	23
Tabla 12. Análisis estadístico de la variable área foliar	24
Tabla 13. Análisis estadístico de la variable días inicio de la floración	25
Tabla 14. Análisis estadístico de la variable concentración de sólidos solubles.....	26
Tabla 15. Análisis estadístico de la variable calibre del fruto.	27
Tabla 16. Análisis estadístico de la variable firmeza del fruto.	29
Tabla 17. Análisis estadístico de la variable rendimiento	30
Tabla 18. Diferentes categorías del fruto de la fresa (<i>Fragaria ananassa</i>)......	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases fotoquímicas	13
Figura 2. Fase Biosintética	13
Figura 3. Diseño del ensayo	17
Figura 4. Plantas de Fresa determinación del número de hojas por planta	23
Figura 5. Medición área foliar	24
Figura 6. Inicio de la floración	25
Figura 7. Maduración de Frutos	26
Figura 8. Determinación del calibre del fruto	27
Figura 9. Determinación de la firmeza del fruto	28
Figura 10. Medición de los frutos cosechados.	29

CAPÍTULO I

1.1. Introducción

La fresa (*Fragaria ananassa*) perteneciente al género *Fragaria* y a la familia *Rosaceae* se caracteriza por ser una de las principales frutas consumidas a nivel mundial ya que cuenta con altos niveles de vitaminas, fibras y entre otros nutrientes que son indispensables en una buena nutrición. Una de las propiedades de mayor importancia en el cultivo de fresa es su calidad, la cual está relacionada tanto a factores genético como también geográficos. El cultivo de fresa se caracteriza por ser un cultivo de producción precoz, el cual permite al agricultor obtener múltiples cosechas en poco tiempo. Gracias a sus propiedades organolépticas el presente cultivo es utilizado como producto fresco o procesado ya sea en la elaboración de conservas, mermeladas, vinos entre otros productos. (Chiqui, 2010).

La producción de Fresa a nivel mundial se ha incrementado en 8,8 millones de toneladas en los últimos años siendo China el país de mayor producción, sin embargo, en América del sur se alcanzó una producción de 312 766 toneladas de fresa siendo Brasil su principal productor. En la actualidad las provincias del Ecuador con mayor producción de fresa son Pichincha con 400 hectárea, seguida por Tungurahua con 240 hectáreas (FAO, 2021).

EL cultivo de fresa dentro de la provincia de Tungurahua es considerado como una de las principales actividades de alto valor significativo ya que genera buenos ingresos económicos para los agricultores generando así una ventaja muy competitiva en relación a los demás países productores. El cantón Tisaleo perteneciente a la provincia de Tungurahua es el cantón con mayor producción de fresa alcanzado un 60 % de producción total. Las variedades más cultivadas dentro de la provincia son: Albión california, Albión chilena, Monterrey y San Andrés las cuales se caracterizan por su

color, sabor, textura, tamaño y sobre todo el peso (Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, 2022).

La fresa se caracteriza por ser un cultivo de gran interés económico a nivel mundial. En las últimas décadas se ha incrementado notablemente la superficie de siembra siendo así una fuente considerable de empleo. En el Ecuador se ha logrado implementar nuevas variedades y técnicas para el manejo del cultivo las cuales han sido de gran interés para los pequeños y medianos agricultores (Macías , Martínez & Juárez , 2011).

El cultivo de fresa se adapta a zonas entre los 1 300 y 2 600 msnm por lo que se adapta de forma favorable a región interandina de nuestro país. La fresa es considerada como uno de los frutos con altos niveles de vitaminas y minerales. El elevado consumo de dicho fruto se ve reflejado en la demanda en los mercados a nivel mundial. Su renombre es atribuido por poseer un sabor, olor y color muy agradable a los sentidos del ser humano (Muñoz, 2011).

La fresa es uno de los cultivos cuyo desarrollo es influenciado en cuanto a los factores de temperatura, humedad, fotoperiodo y luminosidad (Gómez, 2006). Investigaciones demuestran que los principales factores que afectan a la producción del cultivo de fresa están relacionados al sombreado diurno y la calefacción nocturna por otro, Khalil & Agah (2017) señala que la fertilización es otro de los factores a considerar en cuanto al rendimiento.

La luz es considerada unos de los factores de mayor importancia debido a que intervienen el crecimiento y desarrollo de las plantas, además influye de forma directa en la fotosíntesis y en el rendimiento del cultivo, por lo que ciertos autores recomiendan que los niveles de iluminación suplementarios es una técnica novedosa e importante para obtener frutos de mejor calidad alcanzando así mejores ganancias económicas ya que la principal característica de esta tecnología LEDS está relacionada

con la transformación de energía eléctrica en lumínica (López, 2020). En el proceso de fotosíntesis los picos de mayor absorción de la clorofila A están cerca de los 665 nm y 435 nm mientras que en la clorofila B se encuentran en un rango de 465 nm hasta los 640 nm (Li *et al.*, 2008).

La variedad Albión californiana se caracteriza por tener una producción estable y por la forma alargada, coniforme y simétrica del fruto. Esta variedad pertenece a las variedades de luz diurna. Ciertas investigaciones demostraron que la presente variedad posee numerosas cualidades entre ellas se pueden mencionar la calidad de la fruta tanto por su sabor, firmeza y tamaño, como también a su fácil recolección, resistencia a enfermedades tales como marchitez por *Verticillium* y pudrición de la corona causado por (*Colletotrichum acutatum*) y por su periodo de vida útil durante la postcosecha (Flores & Mora , 2010).

Mediante la presente investigación se pretende determinar el efecto de la iluminación suplementaria en las características agronómicas de la fresa señalando el tiempo adecuado de horas leds para obtener frutos de calidad.

1.2. Antecedentes Investigativos

Macías *et al.*, (2011) mediante su investigación titulada “EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE LA FRESA (*Fragaria ananassa*) AL OZONO GASEOSO INFLUYE EN LA EVOLUCIÓN DE SUS PROPIEDADES CROMÁTICAS” mencionó que en la actualidad la implementación de nuevas técnicas para el manejo del cultivo ha generado un incremento notable en la obtención de productos de calidad los cuales han presentado excelentes características organolépticas durante su almacenamiento.

López (2020) mediante su revisión bibliográfica manifestó que el empleo de luces LEDS promueve la floración en un lapso de tiempo considerado además constato que el porcentaje de brotación como inducción floral aumento en un 23 % al utilizar este tipo de luces suplementarias, por otra parte, esta tecnología permite optar por las diferentes longitudes de onda requerida por las plantas para su correcto desarrollo y crecimiento.

Takahashi *et al.*, (2012) señalaron que la luz es un factor fundamental en todos los procesos biológicos de las plantas ya que influyen tanto en el proceso de crecimiento vegetal a través de la producción de materia seca, gracias a la acción foto energética el cual actúa por intensidad, el proceso de desarrollo de igual manera se ve relacionado mediante la floración el cual actúa por acción estimulante por su duración. Por otra parte, al variar la duración en cuanto a la intensidad de radiación se evidencian cambios tanto en la fisiología como en la anatomía del cultivo, así como también en el desarrollo y crecimiento del mismo.

La implementación de nuevas técnicas de luz artificial ha permitido generar herramientas las cuales favorezcan al rendimiento del cultivo ya que en los últimos años la implementación de lámparas LEDS o conocidas también como Diodo Emisor de luz ha sido la herramienta más empleada para estimular el crecimiento de las plantas debido a las ventajas que las misma presenta entre las cuales se pueden mencionar : Instalación dichas lámparas pueden estar ubicadas más cerca de las planta ya que no provocan quemaduras ni otros daños por temperatura , el consumo de energía eléctrica es bajo y el riesgo en su manejo es menor ya que no emite gases tóxicos o contaminantes , lo cual hace posible que el ajuste de la luz emitida sea dependiendo a la sensibilidad de los fotorreceptores de las plantas (Bures, Urrestarazu, & Kotiranta, 2018).

Las lámparas LEDS son consideradas como fuente de luz artificial utilizadas recientemente en el campo de la agricultura ya que las mismas permiten mejorar el porcentaje de rendimiento y reducir de manera evidente los costos de iluminación.

Múltiples investigaciones demuestran que la implementación de luces LEDS en los cultivos intervienen en múltiples procesos como son la síntesis de clorofila permitiendo obtener porcentajes satisfactorios en cuanto al crecimiento vegetativo (Torres, 2019).

Investigaciones demuestran que tanto la calidad de luz como la intensidad son los factores que intervienen tanto en la pigmentación, forma de la planta, desarrollo y crecimiento por lo que (Paniagua, 2014) en su investigación menciona que el tipo de lámparas utilizadas intervienen en cada proceso fisiológico de las plantas, obteniendo de esa manera los siguientes resultados el crecimiento del tallo está influenciado por la relación rojo a infrarrojo de la luz , además que la elongación del tallo en las plantas de tomate se inhiben bajo la luz amarilla que a comparación de las plantas que fueron expuestas a la luz blanca además menciona que la forma de las hojas también se vieron influenciadas por la calidad de la luz .

La luz es una fuente indispensable de energía para los procesos fisiológicos de la planta, así como también es factor que intervienen tanto en el crecimiento y el desarrollo de los cultivares. La utilización de luz artificial para la producción en ambiente controlado es considerada como una estrategia que genera grandes oportunidades económicas ya que hoy en día las condiciones climáticas son desfavorables provocando así bajos rendimientos y por ende pérdidas a los agricultores. El uso de nuevas tecnologías como es el caso de la utilización de luces artificiales marca un nuevo inicio el mismo que favorecerá a los agricultores debido a que esta técnica es considerada como una alternativa viable para implementar en diversos cultivos (Salazar & Pinho, 2012).

Arnica & López (2019) en su investigación demostraron que las plántulas de fresas al ser expuestas a la radiación roja obtuvieron mejor desarrollo de nuevas hojas y además constataron que los grados de clorofila como de carbohidratos fueron elevados a comparación de las plántulas que no recibieron ningún tipo de luz , además otro aspecto que se evaluó fue que el material vegetal que fue expuesto a la radiación roja

disminuyo la desnaturalización de la clorofila en las hojas sin embargo las hojas de las plántulas que no recibían ningún tipo de luz fue todo lo contrario.

Basantes & Morales (2020) señalaron que el avance de la tecnología en la utilización de nuevos dispositivos para la agricultura ha generado buenos resultados tal es el caso de la implementación de luces LEDS el mismo que genero buenos porcentajes en cuanto al rendimiento además menciono que la distancia a la que esté ubicada la lámpara LEDS varía de acuerdo al tamaño, al tipo de cultivo y la intensidad de luz emitida para de esa manera mejorar el desarrollo del proceso fotosintético, por lo que es posible ubicar el sistema de iluminación a una distancia de 30 centímetros el cual abordara toda el área de cultivo garantizando así la transferencia de energía máxima hacia la planta.

Esta tecnología presenta un gran potencial en cuanto a la eficiencia de los procesos productivos, así como también genera un ahorro económico muy significativo con el paso del tiempo ya que los dispositivos LEDS son altamente eficientes en cuanto a transformar la energía eléctrica en lumínica lo cual facilita el control de temperatura para su óptimo crecimiento (Garcés, 2021).

1.3. Categorías fundamentales

1.3.1. Cultivo de fresa (*Fragaria ananassa*)

Este cultivo tiene su origen en dos zonas una en Europa en los Alpes y en América del Sur específicamente en Chile, considerada como una de las frutas más apreciadas en la antigüedad y hoy en la actualidad debido a que se destaca por su intenso sabor y sus propiedades nutritivas como la vitamina C, compuestos bioactivos y fibra dietética teniendo así una alta demanda en el mercado ya sea por su consumo como fruta, bebidas, conservas u otros productos derivados (Parvez *et al.*, 2018).

1.3.2. Clasificación taxonómica

De acuerdo con (Putti, 2005) la fresa fue descrita por Antoine Duchesne que la denomina como un híbrido entre la fresa de Estados Unidos (*Fragaria virginiana* Duch.) con una fresa de América del Sur (*Fragaria chiloensis*, (L)).

Tabla 1.

Clasificación taxonómica del cultivo de fresa (*Fragaria annassa*)

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Rosales
Familia:	Rosaceae
Género:	Fragaria

Nombre científico: *Fragaria annassa*

(Patiño, 2014)

1.3.3. Descripción botánica

Sistema radicular

Tiene un sistema radicular fasciculado constituido de raíces y raicillas la cual cumplen el papel de ser soporte, absorber nutrientes, almacenar sustancias y materiales de reserva, su profundidad depende del tipo de suelo llegando a penetrar hasta 40 cm (Angulo, 2009).

Tallo

Posee un tallo pequeño conocido también como corona donde se originan las hojas, estolones e inflorescencias donde se encuentran yemas florales y vegetativas (Angulo, 2009).

Hojas

Sus hojas son pequeñas tienen una forma de roseta sobre la corona, generalmente son pecioladas provistas de estipulas rojizas en la que su limbo se divide en tres foliolos con un tipo de borde acerrado y su envés cubierto de pelos. Además, poseen un gran número de estomas $300-400 \text{ mm}^2$ por lo que pierde con gran facilidad el agua acumulada mediante transpiración (Angulo, 2009).

Estolones

Es considerado el brote que crece a través de la superficie del suelo a partir de las yemas axilares el cual es considerado como una respuesta natural de la planta cuando está entrando en su etapa reproductiva (Angulo, 2009).

Fruto

El fruto posee una forma globosa, esférica, crónica etc. En cuanto a la variedad cultivada su color es de rojo intenso, por ende, es apreciado en el mercado por su calidad organoléptica (Dinamarca, 2005).

1.3.4. *Requerimientos edafoclimáticos*

Tabla 2.

Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de fresa

Altura	1200 – 3100 m.s.n.m
Clima	Climas templados
Temperatura ideal	15°C-20°C en el día 15°C-16°C en la noche
8° C - 15° C	Inicio de la vegetación y floración
18° C -23°C	Maduración
Luminosidad	12 h/día
HR%	60 – 75 %
Precipitación	600 mm
Suelo	Arenoso Franco - arenoso
Materia orgánica	2-3 %
pH	6-7

(González, 2019)

1.3.5. Plagas y enfermedades

Tabla 3.

Principales plagas en el cultivo de fresa

Plagas	Nombre científico	Afección
Babosas	<i>Milax gagates</i>	Atacan principalmente a las hojas tiernas y frutos.
Mosca blanca	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	El crecimiento de la planta se ve afectado y se reduce la cantidad de azúcar en los frutos.
Pulgón	<i>Aphys gossypii</i> y <i>Myzus persicae</i>	Provocan necrosis y amarillamiento en las hojas así también actúan como transmisores de varios virus.
Trips	<i>Frankliniella occidentalis</i>	Ocasionan daños en las flores y frutos deformándolos poco a poco.
Araña roja	<i>Tetranychus sp.</i>	El daño se presenta como un graneo, escarificación y bronceado en el cáliz y las hojas.
Cutzo	<i>Phyllophaga sp.</i>	Destruye el sistema radicular hasta ocasionar la muerte en la planta.
Trozador	<i>Spodoptera sp.</i>	Perdida del área foliar y en las inflorescencias en su maduración.

(Olivera, 2012).

Enfermedades

Tabla 4.

Principales enfermedades en el cultivo de fresa

Enfermedades	Nombre científico	Afección
Ramularia	<i>Mycosphaerella fragariae</i>	Provoca manchas pequeñas y redondas de color púrpura y rojizas causando destrucción en las hojas.
Fusarium	<i>Fusarium oxysporum</i>	Marchitez progresiva del follaje, achicamiento de la planta y muerte de las hojas viejas.
Antracnosis	<i>Colletotrichum sp.</i>	Daños en hojas, pecíolos, estolones y podredumbre en corona, fruta y tizón en las flores.
Podredumbre de la raíz	<i>Phytophthora cactorum</i>	Sus raíces presentan manchas y lesiones ovaladas de color marrón.
Moho gris	<i>Botrytis cinerea</i>	Ocasiona daños generalmente en los frutos de color marrón.
Mancha angular	<i>Xanthomonas sp.</i>	Infecta el cáliz y ataca principalmente a las hojas y su rendimiento productivo.
Oídio	<i>Sphaeroteca sp.</i>	Afecta a las hojas jóvenes ocasionando necrosis y frutos poco desarrollados.
Pestalotia	<i>Pestalotia sp.</i>	Ocasiona necrosis en las hojas y podredumbre en la corona basal de la fresa.

(Olivera, 2012).

1.3.6. *Luz artificial*

La luz artificial en condiciones controladas en los cultivos modifica el crecimiento, desarrollo, calidad y producción mediante su intensidad y su umbral lumínico en la duración dependiendo de cada etapa fisiológica del cultivo, sin embargo; la duración tiene relación al espacio de tiempo que transcurre entre la claridad y la oscuridad por lo que la implementación de luces artificiales optimiza la producción de cada especie vegetativa (Bures *et al.*, 2018).

Según Bures *et al.*, (2018) menciona que se debe considerar la hora y el tipo de lámpara para su correcta utilización en el sector agronómico:

- Factores ambientales del cultivo
- Uso como suplemento de la luz solar
- Apagado y encendido de las luces
- Factores económicos
- Cantidad y tiempo de irradiación
- Composición espectral de la luz a utilizarse

1.3.7. *Lámparas LEDS*

Las lámparas de diodo o también conocidas como LEDS se consideran una de las mejores tecnologías introducidas en la agricultura prometiendo ser un gran potencial mejorando el estado productivo de los cultivos mejorando factores económicos en la aplicación de la iluminación (Bourget, 2008). Esta tecnología se caracteriza por ser muy eficiente en la transformación de energía eléctrica en lumínica, también posee un reducido peso, bajo consumo eléctrico. Además, se puede incluir un timer para controlar el tiempo de luz artificial con precisión. En la actualidad se han realizado varias investigaciones de los efectos de las luces LEDS ya que mejora en la síntesis de clorofila, foto morfogénesis y fotosíntesis (Lynn, 2012).

Las ventajas de uso de lámparas LEDS son:

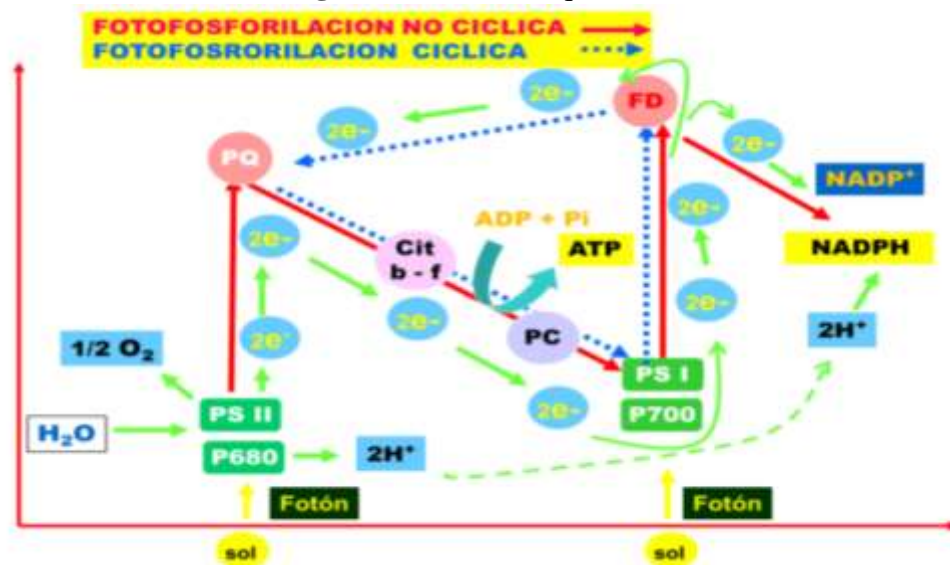
- Provoca poco calor radiante
- Consumo de energía eléctrica bajo.
- Ausencia de cristal y gases tóxicos
- Tiempo de encendido corto
- Se pueden instalar cerca de la planta sin ocasionar daños como quemaduras y desecación
- Eficiencia energética 50 000 horas

Estas características hacen que la luz emitida por las lámparas LEDS hacen que los fotorreceptores de las plantas consuman la cantidad necesaria (Bures *et al.*, 2018). Una de sus desventajas es su costo inicial en la adquisición y su implantación debido a que es necesario diseñar circuitos electrónicos que controlan corriente tensión de mismo.

Fase fotoquímica

La fase fotoquímica o también denominada fase luminosa las plantas utilizan la energía luminosa mediante dos fotosistemas como es el primero FS II la cual absorbe la energía por la clorofila a través del pigmento P680 que absorbe longitudes de onda inferiores o iguales a 680 nm esta energía también denominada fotón utilizara esta energía para romper la molécula de agua en dos moléculas de H⁺ con dos electrones y una molécula de oxígeno en la que la molécula de oxígeno será liberada al ambiente y los hidrógenos serán utilizados en el fotosistema uno que consiste en que la partícula de luz es absorbida por un par de moléculas de clorofila P700 que absorbe longitudes iguales a 700 nm (Soto, 2021).

Figura 1. Fases fotoquímicas

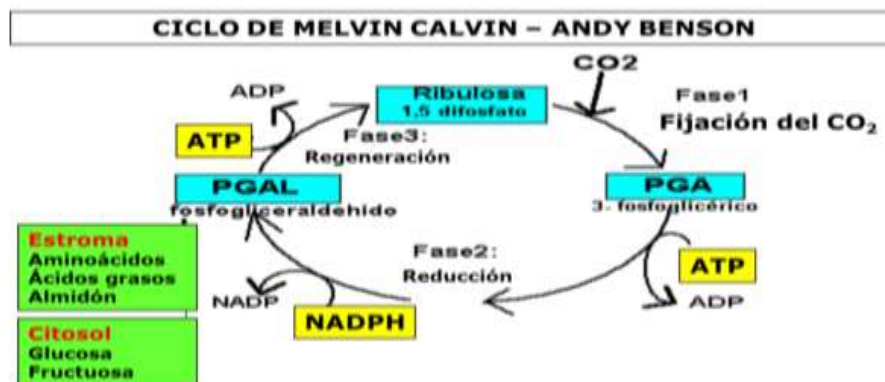


(Cordero, 2020).

Fase Biosintética

La fase biosintética o también conocida como la fase oscura o asimilatoria inicia con la captura del dióxido de carbono de la atmósfera compuesto de 1,5 de difosfato gracias a la enzima RuBisCo también conocido como el ciclo de Calvin en la que la planta almacena la energía en moléculas de glucosa y en algunas reacciones independientes que da origen a seis carbonos inestables que se descomponen en fosfoglicérido tomando los productos de la fase luminosa como son los ATP y NADPH para obtener una fijación del carbono en las reacciones oscuras como es mediante un carbohidrato como es mediante la fijación de carbono C3, fijación C4 y CAM (Cordero, 2020).

Figura 2. Fase Biosintética



(Cordero, 2020).

1.4. Objetivos e Hipótesis

1.4.1. *Objetivo General*

- Evaluar el efecto de la exposición de luz LEDS en las características agronómicas de la fresa (*Fragaria ananassa*), en el cantón Tisaleo.

1.4.2. *Objetivos específicos*

- Determinar el efecto del tiempo de exposición de luz LEDS en el desarrollo agronómico del cultivo de fresa (*Fragaria ananassa*), variedad Albión.
- Medir la producción de fresa (*Fragaria ananassa*) en los diferentes tratamientos.
- Clasificar la producción en las diferentes categorías del fruto de la fresa (*Fragaria ananassa*).

1.4.3. *Hipótesis*

- Ha= La adición de horas luz, a través de reflectores LEDS mejoran las características agronómicas del cultivo de fresa

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en la propiedad del Sr. Manuel Pérez, situada en la provincia de Tungurahua, cantón Tisaleo, cuyas coordenadas geográficas son: 1° 19' 59" de latitud Sur y 78° 40' 0" de longitud Oeste, con una altitud de 3156 msnm. (Gobierno Autonomo Decentralizado Tisaleo , 2014)

2.2. Características del lugar

Clima

El cantón Tisaleo se manifiesta por poseer un clima con una temperatura máximas de 20 °C y mínima entre 8°C y 4°C; una humedad promedio de 82%; velocidad de viento de 4 m/s y precipitaciones anuales de 600 – 900mm. (Sky, 2022)

Suelo

Según el Mapa de suelos del Ecuador, (Instituto Geográfico Militar, 1928). El cantón Tisaleo posee un suelo muy fértil, el mismo que se clasifica como Typic Vitrandeps, que se caracteriza por tener cenizas volcánicas, con una pendiente del 2 al 6% y relieve plano ondulado, profundos (1,5 m), de textura franco arenoso de reacción neutra o ligeramente alcalina (pH 7,2), de color negro predominante, debido a su alto contenido de materia orgánica, siendo uno de los factores importantes para que el suelo de dicho cantón se denomine apto para el desarrollo de cultivos de ciclo corto y frutales.

Agua

El agua que se utilizó en el sector, es proveniente de un tanque que se encuentra en la vía del sector monte Puñalica, el cual abastece a toda la comunidad. (Gobierno Autonomo Decentralizado Tisaleo , 2014)

2.3. Equipos y Materiales

2.3.1. *Material vegetal*

- Plantas de fresa (*Fragaria ananassa*) var. Califorliana.

2.3.2. *Equipos*

- Reflectores LEDS de 150w
- Timer
- Balanza Analítica
- Refractómetro
- Penetrómetro
- Calibrador de Vernier
- Equipo de riego por goteo
- Bomba de mochila y a motor

2.3.3. *Materiales de campo*

- Tanque 200 L
- Balde

2.3.4. *Materiales de oficina*

- Computadora
- Impresora
- Cámara fotográfica
- Esfero
- Hojas de papel bond

2.4. Factores de Estudio

Tiempo de Horas Luz adicional

- T1 2 Horas luz adicional
- T2 4 Horas luz adicional
- T3 Sin luz adicional

El T3 no recibió horas luz adicional, solamente se expuso a la luz natural.

2.5. Tratamientos

Tabla 5.

Horas día + horas LEDS

N°	Símbolo	Tiempo de exposición luz leds
1	Control	horas Día + 0 Horas LEDS
2	T1	horas Día + 2 Horas LEDS
3	T2	horas Día + 4 Horas LEDS

2.6. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas, con tres tratamientos y tres repeticiones dentro de cada una, obteniendo un total de siete unidades experimentales.

Se efectuó un análisis de variancia (ADEVA) de acuerdo al diseño experimental planteado, pruebas de Diferencia Mínima Significativa al 5% y pruebas de Tukey al 5%. Cada unidad experimental consta de una parcela delimitada dentro del cultivo. En donde cada parcela consta de 15 plantas. Mencionado esto, las características del ensayo son las siguientes:

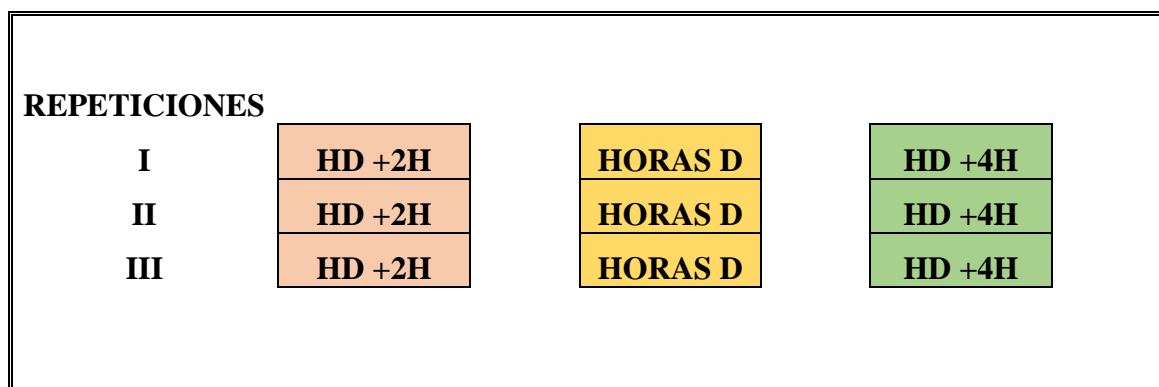
Tabla 6.

Características del ensayo

Número de parcelas por tratamiento:	3
Número total de parcelas:	9
Largo de la parcela:	30 m
Ancho de la parcela:	0,40 m
Número de plantas/ tratamiento:	15
Distancia entre plantas:	0,35 m
Distancia entre hileras:	0,20 m
Número de plantas a evaluar/ parcela total:	45

2.7. Esquema de Disposición del Ensayo

Figura 3. Diseño del ensayo



D: Días

HORAS D: Horas de luminosidad día

HD + 2H: Horas de luminosidad día + 2 horas adicionales a partir de las 19:00 HORAS

HD+ 4H: Horas de luminosidad día + 4 horas adicionales a partir de las 19:00 HORAS

Tabla 7.

Horas, promedio máximas diario y mensual de fuerte insolación

Mes	N (horas/ día) para el Hemisferio Sur	N (horas/ mes) para el Hemisferio Sur
JUNIO	12 H 01'12''	360 H 36' 00''
JULIO	12 H 01'12''	372 H 37' 12''
AGOSTO	12 H 02'46''	373 H 25' 46''
SEPTIEMBRE	12 H 04'12''	362 H 06' 00''
OCTUBRE	12 H 07'48''	376 H 01' 48''
NOVIEMBRE	12 H 09' 17''	364 H 35' 30''
DICIEMBRE	12 H 10' 12''	377 H 16' 12''

(Avidan,1994)

Tabla 8.

Horas máximas, promedio diario y mensual de fuerte insolación más 2 horas luz (LEDS)

Mes	N (horas/ día) para el hemisferio sur	N (horas/ mes) para el Hemisferio Sur	Horas mensuales de fuerte insolación + 2 horas de luz LEDS
JUNIO	12 H 01'12''	360 H 36' 00''	420 H 36' 00''
JULIO	12 H 01'12''	372 H 37' 12''	434 H 37' 12''
AGOSTO	12 H 02'46''	373 H 25' 46''	425 H 25' 46''
SEPTIEMBRE	12 H 04'12''	362 H 06' 00''	422 H 06' 00''

OCTUBRE	12 H 07' 48''	376 H 01' 48''	438 H 01' 34''
NOVIEMBRE	12 H 09' 17''	364 H 35' 30''	424 H 35' 30''
DICIEMBRE	12 H 10' 12''	377 H 16' 12''	439 H 16' 12''

(Avidan,1994)

Tabla 9.

Horas máximas, promedio diario y mensual de fuerte insolación más 4 horas luz (LEDS).

Mes	N (horas/ día) para el Hemisferio Sur	N (horas/ mes) para el Hemisferio Sur	Horas mensuales de fuerte insolación + 4 horas de luz LEDS
JUNIO	12 H 01' 12''	360 H 36' 00''	480 H 36' 00''
JULIO	12 H 01' 12''	372 H 37' 12''	496 H 37' 12''
AGOSTO	12 H 02' 46''	373 H 25' 46''	497 H 25' 46''
SEPTIEMBRE	12 H 04' 12''	362 H 06' 00''	482 H 06' 00''
OCTUBRE	12 H 07' 48''	376 H 01' 48''	500 H 01' 48''
NOVIEMBRE	12 H 09' 17''	364 H 35' 30''	484 H 35' 30''
DICIEMBRE	12 H 10' 12''	377 H 16' 12''	501 H 16' 12''

(Avidan,1994)

2.8. Manejo del Experimento

Manejo de riego

El riego se realizó mediante la implementación del sistema de goteo, el mismo que dependerá de las condiciones climáticas presentes en la zona.

Manejo de fertilización

En la etapa inicial se utilizó dosis bajas de N-P-K tipo 10-35-10, cuando la planta se encuentre en la etapa de desarrollo vegetativo se aplicará dosis medias de 18-6-18 de

N-P-K, mientras que en la etapa productiva se utilizara 13-10-40. Adicionalmente se implementará productos que estimulen al desarrollo radicular, Only Ca y micorrizas. (Morales, 2017).

Manejo de plagas y enfermedades

Se aplicó productos orgánicos y químicos para prevenir las diferentes plagas (*Tetranychus urticae*, *Frankliniella occidentalis*, etc) y enfermedades (*Botrytis*, *Oidium*, *Atracnosis*, entre otros) (Morales , 2017).

Tabla 10.

Manejo de fertilización y plagas

Producto	Dosis	Tipo de aplicación
Rhizum (Enraizante) + algas marinas	250 cc +500cc/ 200l	Goteo
Curacron (Profenos)	100 cc/ 200l	Goteo
Only Ca	1 libra/ 100l	Drench
Tricoderma + Micorrizas	100cc +100gr/ 100l	Drench
Fulmentin(Abacmetina)+ Jabon potasico	50cc +100cc/ 100l	Fumigación vía foliar
Aridione (Iprodione) + Moskathion (Malathion)	125 gr + 60 gr / 100l	Fumigación vía foliar

2.9. Variables Respuesta

Número de hojas compuestas a los 30 y 45 días

Se contabilizó el número de hojas compuestas en 15 plantas al azar de la parcela.

Área foliar a los 30 y 45 días

Se determinó el área foliar de cada foliolo de la hoja compuesta por medio de la malla de puntos, la misma que se encuentra a 0,5cm el punto.

Esta se realizó 2 tomas de datos, la primera a los 30 días y la segunda a los 45 días después de la aparición de la primera flor verdadera, en quince plantas al azar.

Días al inicio de la floración

En quince plantas tomadas al azar dentro de la parcela, se contabilizó los días transcurridos después del trasplante, hasta cuando las plantas poseen la presencia de una yema floral verdadera. Se efectuó cuatro lecturas, cada una de ellas a los 7 días.

Concentración de sólidos solubles

Con la ayuda de un refractómetro, se midió la concentración de sólidos solubles a quince frutos tomados al azar de cada parcela neta, en donde los valores se expresaron en grados Brix.

Calibre del fruto

Se utilizó un calibrador vernier, para la medición del diámetro ecuatorial y el diámetro polar máximo del fruto, el mismo que sirvió para clasificar o categorizar los frutos en Categoría Extra 55 a 25mm, Categoría primera 24,9 a 18 mm y Categoría segunda menor a 17,9 mm (Morales, 2017).

Firmeza de la fruta

Mediante un penetrómetro, se midió la firmeza de quince frutos tomados al azar de cada parcela neta, en donde los valores se expresaron en kg /cm². Además, los frutos fueron cosechados cuando se encuentren en un estado de madurez fisiológica N° 5.

Rendimiento

Con la ayuda de una balanza analítica, se obtuvo el peso total de los frutos cosechados de la parcela y por categorías (sumatoria de cuatro cosechas) hasta la finalización de la investigación.

2.10. Procedimiento de la Información

Los datos registrados serán analizados mediante el paquete estadístico SPSS versión 26.0. Para ello se evaluaron los criterios de distribución normal mediante la prueba de Kolmogorov Smirnov y para determinar la homogeneidad de varianza se utilizará la prueba de Levene. Para aquellas variables cuyos datos cumplan con ambos requerimientos se realizará un ANOVA de clasificación simple. Para separar las medias se utilizará la prueba de Tuckey. Para las variables cuyos datos no cumplan los requerimientos de normalidad y homogeneidad de varianza se utilizará la prueba de Kruskal Wallis completado con una prueba de U Mann Whitney. Para un nivel de significación de un 95 %.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Número de hojas por planta (U)

De acuerdo con el análisis estadístico de la variable número de hojas por planta se observa que, si existe diferencias significativas entre los tratamientos, mostrando los mejores resultados con el tratamiento T2 con un rango promedio de 26,60 (U) a los 30 días y 27,30(U) a los 45 días en comparación al control cuyo rango promedio fue de 18,10(U) y 19,57(U) respectivamente (Tabla N°11). Resultados que validan con lo mencionado por Muyulema (2022) menciona que los mejores resultados de su investigación los obtuvo al exponer las plantas de fresa a ciclos de fotoperiodo de 6 horas luz artificial color blanca de 75 W ,las cuales permitieron un mejor desarrollo en cuanto a unidades de hojas por planta.



Figura 4. Plantas de Fresa determinación del número de hojas por planta

Tabla 11. Análisis estadístico de la variable número de hojas por plantas a los 30 y 45 días.

TRATAMIENTO	30 DÍAS		TRATAMIENTO	45 DÍAS	
	MEDIAS	RANGOS		MEDIAS	RANGOS
T2	26,6	A	T2	27,3	A
T1	21,7	B	T1	25,3	B
Control	18,1	B	Control	19,57	B

Kruskal Wallis complementada con U de mann Whitney

3.2. Área Foliar (cm^2)

En relación a la variable área foliar se observa que si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos, obteniendo los mejores resultados con el tratamiento T2 con una media de $216,13\text{ cm}^2$ a los 30 días y $229,73\text{ cm}^2$ a los 45 días de haber instalado el ensayo, sin embargo, se puede observar que en el control se obtuvo una media de $155,26\text{ cm}^2$ a los 30 días y $170,80\text{ cm}^2$ a los 45 días, cabe recalcar que los datos fueron tomados luego del apareamiento del primer racimo foliar (Tabla N°12). Dichos resultados obtenidos se pueden confirmar con la investigación de Según Cruz (2021) señala en su investigación que el área foliar del cultivo de fresa se llevó a cabo de forma exitosa teniendo los mejores resultados a los 30 días con una media de $207,54\text{ cm}^2$ los cuales estuvieron sometidos a 14 horas de luz artificial, validando lo detallado en nuestra investigación.



Figura 5. Medición área foliar

Tabla 12. Análisis estadístico de la variable área foliar

TRATAMIENTO	30 DÍAS		TRATAMIENTO	45 DÍAS	
	MEDIAS	RANGOS		MEDIAS	RANGOS
T2	216,13	A	T2	229,73	A
T1	190,13	AB	T1	206,2	AB
Control	155,26	B	Control	170,8	B

Prueba de Scheffe para $p < 0,05$

3.3. Días de la floración

En cuanto a la variable días a la floración se observa diferencias estadísticas entre los tratamientos estudiados mostrando mejores resultados los tratamientos T1 con una media de 94,80 días y el T2 con una media de 93,33 días respectivamente, cabe señalar que el racimo en estos dos tratamiento se tuvo en el mes de septiembre, sin embargo se puede observar que en el control se tuvo que esperar 105,86 días para el apareamiento del primer racimo floral, que apareció en el mes de octubre (Tabla N°13). Resultados que validan con lo mencionado por Ramos & Ramírez (2016) señala que al aumentar el periodo de la luz día disminuye los días para el inicio de floración, obteniendo mejores resultados en los ciclos comprendidos de 6 horas de luz artificial y 2 horas de descanso con una repetición de 3 veces al día cumpliendo 18 horas de luz artificial con 6 horas de oscuridad al día.



Figura 6. Inicio de la floración

Tabla 13. Análisis estadístico de la variable días inicio de la floración

Tratamientos	Medias	Rango
T1	94,80	A
T2	93,33	A
Control	105,86	B

Prueba de Scheffe para $p < 0,05$

3.4. Concentración de sólidos solubles (°Bx)

La evaluación de los sólidos solubles en el cultivo de fresa variedad Albión, al momento de la cosecha, reportaron diferencias estadísticas entre los tratamientos estudiados, por ende, el control presento un mayor rango promedio de (28,30 °Bx) debido al tamaño de la fruta con referencia al tratamiento T2 (21,50 °Bx) (Tabla N°14). Obteniendo un promedio de los sólidos solubles de 8,57 grados Brix general del ensayo. Estos resultados coinciden con el autor Ferrucho & Ruíz (2014) ya que en su investigación mencionan que las fresas con mayor cantidad de solidos solubles se incrementa en relación al cremiento del fruto y mayor exposición a horas luz artificial.



Figura 7. Maduración de Frutos

Tabla 14. Análisis estadístico de la variable concentración de sólidos solubles

Tratamientos	Medias	Rango
Control	28,38	A
T2	21,50	B
T1	19,20	B

Kruskal Wallis complementada con U de mann Whitney

3.5. Calibre del fruto (mm)

De acuerdo con el análisis realizado en cuanto la variable calibre del fruto se evidencian mejores resultados en los tratamientos T2 con una media de 53,95 mm diámetro ecuatorial y 41,19 mm diámetro polar y T1 con una media de 49,71 mm diámetro ecuatorial y 38,44 mm diámetro polar, en comparación al control que obtuvo una media de 38,67 mm diámetro ecuatorial y 30,28 mm diámetro polar (Tabla N°15). Los resultados presentes en la investigación concuerdan con el autor Durand (2019) ya que señala que el calibre de los frutos de fresa que fueron expuestos a luces LEDS de colores presentó un incremento notable en el diámetro del fruto, además menciona que las plantas que no obtuvieron luz artificial tuvieron un diámetro promedio de 13 mm.



Figura 8. Determinación del calibre del fruto

Tabla 15. Análisis estadístico de la variable calibre del fruto.

Diámetro ecuatorial (mm)		
Tratamientos	Medias	Rango
T1	49,71	A
T2	53,95	A
Control	38,67	B

Prueba de Scheffe para $p < 0,05$

Diámetro polar (mm)		
Tratamientos	Medias	Rango
T1	38,44	A
T2	41,19	A
Control	30,28	B

Prueba de Scheffe para $p < 0,05$

3.6. Firmeza del fruto (kg/cm^2)

En relación a la variable firmeza del fruto se evidencia que los mejores resultados están en el tratamiento T2 con un rango promedio de 31, 47 (kg/cm^2) seguidamente del tratamiento T1 con un rango promedio de 23,23 (kg/cm^2) estos datos indican que la firmeza del fruto se mantiene de manera homogénea en comparación con el control que presento un rango inferior de 14,30 (kg/cm^2). (Tabla N°16) Resultados que reafirman con la investigación de Durand (2019) el cual menciona que la firmeza es esencial para garantizar su calidad durante el transporte y manejo del fruto puesto que esta relacionada con las características estructurales, fisiológicas y bioquímicas los cuales indican los diferentes estados de maduración del fruto.



Figura 9. Determinación de la firmeza del fruto

Tabla 16. Análisis estadístico de la variable firmeza del fruto.

Tratamientos	Medias	Rango
T2	31,47	A
T1	23,23	B
CONTROL	14,30	C

Kruskal Wallis complementada con U de mann Whitney

3.7. Rendimiento (TM/ha)

De acuerdo al análisis de la variable rendimiento se logró evidenciar que el tratamiento T2 obtuvo los mejores resultados con una media de 16,38 TM/ha en comparación al tratamiento T1 con una media de 12,87 TM/ha y el control con 9,50 t/ha , cabe recalcar que estos valores fueron obtenidos solo del primer racimo del ensayo (Tabla N° 17) ,de acuerdo con los resultado obtenidos validan con Morales (2019) ya que en su investigación señala que las plantas de fresa con iluminación artificial obtuvieron mejores resultados lo cual concuerdan con la investigación realizada ,ademas menciona que el fotoperiodo optimo para alcanzar mayores niveles de rendimiento es de 12 horas o más.



Figura 10. Medición de los frutos cosechados.

Tabla 17. *Análisis estadístico de la variable rendimiento*

Tratamientos	Medias	Rango
T2	16,38	A
T1	12,87	B
CONTROL	9,50	C

Prueba de Scheffe para $p < 0,05$

Tabla 18. *Diferentes categorías del fruto de la fresa (Fragaria ananassa).*

Categoría del fruto	N° de frutos	Porcentaje
Primera	122	61,93%
Segunda	52	26,40%
Tercera	23	11,67%
Total	197	100%

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Mediante la realización del presente trabajo investigativo se logró evaluar los efectos de la exposición de la luz LEDS en las características agronómicas de la fresa (*Fragaria ananassa*), en el cantón Tisaleo , obteniendo así como resultados en cuanto al área foliar y número de hojas el tratamiento T2 mostrando mejores resultados con una media de $216,33(\text{cm}^2)$ a los 30 días y $229,73(\text{cm}^2)$ a los 45 días con respecto al área foliar, mientras que el número de hojas presentó un rango promedio de 26,60 (U) a los 30 días y 27,73(U) a los 45 días. Referente a los grados Brix, se encontraron diferencias significativas en los tratamientos estudiados siendo el Control con los resultados más altos de 9,13 °Brix a comparación del T2 con 8,40 °Brix. Además, la luz artificial (LEDS) interviene de manera positiva en los días de floración evidenciado los mejores resultados en los tratamientos T1 con una media de 94,80 días y el T2 con una media de 93,33 días a comparación del control con una media de 105,86 días que al no recibir luz artificial (LEDS) mostro un mayor período en cuanto a sus días a la floración.
- De acuerdo al rendimiento mediante la aplicación de luz artificial (LEDS) se presentó los mejores resultados en el tratamiento T2 con un rendimiento de 16,38 t/ha en comparación al tratamiento T1 con una media de 12,87 t/ha y el control con una media de 9,50 t/ha pertenecientes a la cosecha del primer racimo, mostrando así diferencias significativas entre los tratamientos estudiados.
- Del total de las 45 plantas del ensayo se contabilizó 197 frutos cosechados en el primer racimo del ensayo que representan el 100 %, de los cuales el mejor resultado se evidenció en el tratamiento T2 con un promedio de 59 frutos de

primera, 13 de segunda y 3 frutos de tercera. Presentando una categorización de 122 frutas de primera que representan el 61,93%, 52 frutas de segunda que es el 26,40% y 23 frutas de tercera que representa el 11,67%.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda incorporar nuevos tratamientos con mayor horas luz artificiales (LEDS) para evaluar el rendimiento.
- Utilizar diferentes tipos de colores (verde, roja, azul) de luz artificial con el propósito de evaluar su influencia en las diferentes etapas fenológicas del cultivo de fresa.

Referencias Bibliográficas

- Angulo, R. (2009). Cultivo de fresa. Bayer crop Science. Maria Luz Editorial. 43 pp. Instituto Geográfico Militar. (1928). *Instituto Geográfico Militar*. Obtenido de Instituto Geográfico Militar: http://www.geograficomilitar.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/11/revista_institucional.pdf
- Arnica, H., & López, H. (2019). Influencia de la temperatura y luz artificial en la maduración de la fresa en Arequipa. 23-30.
- Asociación de Municipalidades Ecuatorianas. (2022). *Tisaleo, principal productor de mora y fresa*. Obtenido de <https://ame.gob.ec/tisaleo-principal-productor-de-mora-y-fresa/>
- Avidan,(1994). Determinación del régimen de riego de los cultivos. Ministerio de Agricultura,49.
- Basantes, P., & Morales, I. (2020). Evaluación de las características del Diodo emisor de luz para una fuente de irradiación de la planta basada en el espacio . 9-14.
- Bures, S., Urrestarazu, M., & Kotiranta, S. (2018). Iluminación Artificial en la agricultura . *Millan Publishing* . , 5-9.
- Casierra, F., Peña, J., & Ulrichs, C. (2011). Crecimiento y eficiencia fotoquímica del fotosistema ii en plantas de fresa (*fragaria sp.*) afectadas por la calidad de la luz: implicaciones agronómicas. *Scielo*, 11.
- Chiqui, F. (2010). Evaluación del rendimiento en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*) variedad oso grande , bajo invernadero mediante dos tipos de fertilización (orgánica y química) en la parroquia Octavio Cordero Palacios , cantón Cuenca (*Tesis de pregrado*). . Cuenca - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana , Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales .
- Durand, H. (2019). *Influencia de la temperatura y luz artificial en la maduración de la fresa*. Arequipa: Universidad Continental.
- FAO. (2021). *Datos de cultivos* . Obtenido de FAOSTAT: <http://www.fao.org/faostat/es>

- Ferrucho, A., & Ruíz, D. (2014). Evaluación y comparación del comportamiento agronómico de dos cultivares de fresa ('albion' y 'monterey') sembrados a libre exposición y bajo macrotúnel en la sabana de Bogotá (Colombia). *UMNG*, 85.
- Flores, R., & Mora, G. (2010). *Fresa (Fragaria x ananassa Duch.) producción y manejo post cosecha*. Bogotá: Produmedios. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30577/1/Tesis-242%20%20Ingeniería%20Agronómica%20-CD%20647.pdf>
- Garcés, J. (2021). Evaluación de tres fertilizantes orgánicos para mejorar la producción de fresa (*Fragaria x ananassa*). Cevallos.
- Gobierno Autonomo Decentralizado Tisaleo . (09 de 2014). *Memoria Técnica* . Obtenido de http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria_tecnica_Coberturas_TISALEO_20150306.pdf
- Gómez, J. (2006). Descripción del comportamiento de insectos y enfermedades asociadas al cultivo de fresa (*Fragaria spp.*) en el municipio de la sabana , departamento de Madriz. Nicaragua - Managua : Universidad Nacional Agraria , Facultad de Agronomía .
- Khalil, N., & Agah, R. (2017). Effect of Chemical , Organic and Bio Fertilization on Growth and Yield of Strawberry Plant. . *International Journal of Advances in Chemical Engg.Biological Sciences (IJACEBS)*, 167-171.
- Li, Y., Chen , H., Ji , H., Wangs, S., Zhu, S., & Wang, X. (2008). Effect of LED supplemental illumination on the Growth of Strawberry Plants . *Project of Ningbo Science and Technology*, 4-20.
- López, R. (2020). *Efecto de la aplicación de iluminación artificial sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de Gypsophila paniculata Trabajo de Titulación previo a la obtención l . var. Over Time* . Obtenido de Universidad Central Del Ecuador , Facultad de Ciencias Agrícolas , Carrera de IngenieríaAgronómica :

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21458/3/T-UCE-0004-CAG-247.pdf>

Macías , F., Martínez , J., & Juárez , A. (2011). El tiempo de exposición de la fresa (*Fragaria ananassa*) al ozono gaseoso influye en la evolución de sus propiedades cromáticas . *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* , 1-7.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (30 de 03 de 2019). *Subsector productivo de fresa* . Obtenido de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Fresa/Documentos/2019-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Morales, G. (2017). Manual de manejo agronómico de la Fresa. *Instituto de Desarrollo Agropcuario*, págs. 13-15.

Morales, J. (2019). *Efecto de la iluminación suplementaria con LED en el cultivo extensivo de fresa*. Queretaro: Universidad autonoma de Quereto .

Muñoz, C. (2011). “Combate biológico del moho gris (*Botrytis cinerea*) bajo dos condiciones de almacenamiento, del fruto de fresa (*Fragaria x ananassa*) C.V. albión. *Universidad técnica de ambato facultad de ingeniería agronómica*, 1-130.

Muyulema, M. (2022). *Evaluación de la productividad de dos orígenes de fresa variedad albión (*Fragaria ananassa*) en la parroquia Montalvo*. Ambato .

Paniagua, G. (2014). Luz LED de alta intensidad en procesos fisiológicos de lechuga (*Latuca sativa* L.) enfoque sistémico transdisciplinario . *Instituto Politécnico Nacional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica* , 44-50.

Ramos, Y., & Ramírez, E. (2016). Desarrollo de un sistema de iluminación artificial LED para cultivos en interiores - Vertical Farming (VF). *Informador técnico*, 10.

Salazar, T., & Pinho, P. (2012). Horticultural lighting presente and future challenges. *Lighting Res Technol*, 427-437.

- Sky, W. L. (12 de 04 de 2022). *White Light Sky*. Obtenido de White Light Sky: <https://whitelightskyes.com/administrative-area/3671330-tisaleo/>
- Takahashi, H., Yamada, H., Yoshida , C., & Imamura , T. (2012). La modificación de la calidad de la luz mejora el crecimiento y la calidad medicinal de las plántulas clonales derivadas de la planta herbal Gentiana. . *Biotecnología Vegetal*, 315-318.
- Torres, L. (2019). LED as light source for baby leaves production in an environmental controlled chamber. *Proceedings of the 4th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB)* , 45-60.

Anexos

Anexo 1. Análisis estadístico de la variable número de hojas por plantas

Tratamientos	30 días		45 días	
	Medias	Rangos promedios	Medias	Rangos promedios
T1	12,21	21,70	16,29	25,30
T2	15,13	25,60	17,53	27,73
Control	12,00	18,10	14,60	19,57

Kruskal Wallis complementada con U de mann Whitney.

Anexo 2. Análisis estadístico de la variable área foliar

Tratamientos	30 días		45 días	
	Medias	E. E	Medias	E. E
T1	190,1333 ab	36,25	206,2000 ab	36,72
T2	216,1333 a	45,25	229,7333 a	45,44
Control	155,2667 b	33,01	170,8000 2b	34,00

Prueba de Scheffe para $p < 0,05$

Anexo 3. Análisis estadístico de la variable días inicio de la floración

Tratamientos	Medias	E. E
T1	94,8000 a	5,72
T2	93,3333 a	8,54
Control	105,8667 b	10,03

Prueba de Scheffe para $p < 0,05$

Anexo 4. Análisis estadístico de la variable concentración de sólidos solubles

Tratamientos	Medias	Rangos promedios
T1	8,18	19,20
T2	8,40	21,50
Control	9,13	28,30

Kruskal Wallis complementada con U de mann Whitney

Anexo 5. Análisis estadístico de la variable calibre del fruto.

Diámetro ecuatorial (mm)		
Tratamientos	Medias	E. E
T1	49,7107 a	6,48
T2	53,9500 a	5,69
Control	38,6767 b	7,95

Prueba de Scheffe para $p < 0,05$

Diámetro polar (mm)		
Tratamientos	Medias	E. E
T1	38,4480 a	9,22
T2	41,1960 a	7,92
Control	30,2887 b	5,37

Prueba de Scheffe para $p < 0,05$

Anexo 6. Análisis estadístico de la variable firmeza del fruto.

Tratamientos	Medias	Rangos promedios
T1	0,61	23,23 ab
T2	0,63	31,47 a
Control	0,61	14,30 b

Kruskal Wallis complementada con U de mann Whitney

Anexo 7. Análisis estadístico de la variable rendimiento

Tratamientos	Medias	E. E
T1	12,8784 b	3,74
T2	16,3819 a	4,76
Control	9,5098 c	4,23

Prueba de Scheffe para $p < 0,05$

Anexo 8. Trasplante



Las plantas de fresa (*Fragaria ananassa*) var. Californiana, se trasplanto en el área determinada.

Anexo 9. Corte de los estones y la primera yema floral



Al transcurrir 2 meses después del trasplante, se corto los estones y la yema floral.

Anexo 10. Deshierbe de los caminos



De manera manual se extrajo las malezas del piso

Anexo 11. Etiquetación



Recortamos el carton en segmentos de 16 cm de largo por 14cm de ancho, luego colocamos una funda plástica y ubicamos en las plantas tomadas al azar para la toma respectiva de los datos.

Anexo 12. Número de hojas compuestas



Anexo 13. Área foliar



Anexos 14. Días al inicio de la floración**Anexo 15. Concentración de Sólidos Solubles**

Anexo 16. Calibre del fruto



Anexo 17. Firmeza del fruto



Anexo 18. Rendimiento



Anexo N° 19 Instalación de los reflectores



MANEJO DEL EXPERIMENTO



Número de hojas compuestas

Se contabilizo el número de hojas compuestas a los 30 y 45 días después del inicio de la floración.



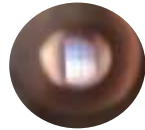
Área foliar

Colocamos la malla de puntos por encima de la hoja, de tal manera que cubra los 3 folios, posteriormente se contabiliza los puntos que se encuentran sobre la hoja compuesta. La toma de datos se realizó 2 veces; la primera a los 30 días y la segunda a los 45 días después de la presencia de la primera yema floral.



Días al inicio de la floración

Mediante el ojo humano se observo la presencia de la primera yema floral verdadera, para determinar los días transcurridos después del transplante. Además, dicho dato se obtuvo de 45 plantas que conforman la parcela total.



Concentración de Sólidos Solubles

En el prisma principal del refractómetro colocamos 3 gotas del zumo de la fresa, posteriormente cerramos la cubierta del prisma y observamos por el ocular la escala de grados Brix presentes en las muestras.



Calibre del fruto

En el Calibrador digital ubicamos el fruto en las mordazas para medir exteriores, luego la pinza móvil desplazamos hacia la derecha hasta que el fruto se encuentre asegurado en las pinzas, por último la lectura se observa en la pantalla. Colocamos el fruto de manera horizontal para medir el diámetro polar y de forma vertical para medir el diámetro ecuatorial.



Firmeza del fruto

Se coloca la fresa en la punta cónica del Penetrómetro, seguidamente se introduce el fruto hasta llegar al disco cilíndrico. La lectura se puede observar mediante el puntero.



Rendimiento

Se coloca la fresa en una balanza analítica para obtener el peso en gramos, teniendo en cuenta que se recolecta todos los frutos que conforman la primera yema floral.