

SEMILLERO DE INVESTIGACION COMO OPCIÓN DE GRADO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

DISEÑO DE UN SISTEMA ARTIFICIAL ALIMENTADO POR ENERGÍAS
RENOVABLES QUE PERMITA OPTIMIZAR EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS.

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ARTIFICIAL LUMINICO ALIMENTADO POR
ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA ESTIMULAR EL CRECIMIENTO DEL RABANO ROJO (*Raphanus
sativus*)

LEIDY HURTADO RAYO
WILMER GUERRERO TRIANA
INGRID TATIANA FANDIÑO PATIÑO

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

SEMILLERO DE INVESTIGACION - INGENIERIA INDUSTRIAL

Bogotá, Colombia

2017

SEMILLERO DE INVESTIGACION COMO OPCIÓN DE GRADO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

DISEÑO DE UN SISTEMA ARTIFICIAL ALIMENTADO POR ENERGÍAS
RENOVABLES QUE PERMITA OPTIMIZAR EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS.

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ARTIFICIAL LUMINICO ALIMENTADO POR
ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA ESTIMULAR EL CRECIMIENTO DEL RABANO ROJO (*Raphanus
sativus*)

LEIDY HURTADO RAYO
WILMER GUERRERO TRIANA
INGRID TATIANA FANDIÑO PATIÑO

FREDY ALFONSO

Docente Académico

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

SEMILLERO DE INVESTIGACION - INGENIERIA INDUSTRIAL

Bogota, Colombia

2017

Tabla de Contenido

Resumen	6
Abstract	6
Introducción	8
Planteamiento del Problema.....	9
Objetivos	11
Objetivo Principal	11
Objetivos Específicos	11
Pregunta de Investigación	11
Justificación.....	11
Marco de antecedentes	13
Marco Teórico	18
Construcción del mecanismo.....	24
Dimensiones	26
Despiece De Modelo	27
Sistema Eléctrico.....	28
Implementos	29
Montaje.....	31
.....	31
Variables.....	32
Independiente	32
Dependientes	32
Hipótesis.....	32
Hipótesis Nula	32
Hipótesis Alternas	32
Metodología	33
Fases de la Metodología.....	34
Cronograma.....	35
Resultados	36
Conocimiento Tecnológico	36
Fortalecimiento de la Comunidad Científica.....	36

Impactos 37

Seguimiento al crecimiento de la planta..... 38

Seguimiento del Número de hojas de la planta. 39

Seguimiento al crecimiento de la planta..... 42

Análisis de resultados..... 42

 Conclusiones 46

Referencias Bibliográfica 48

Anexos..... 52

Índice de Ilustraciones

	Pág.
Ilustración 1. Espectro de luz visible.....	21
Ilustración 2. Mecanismo.....	25
Ilustración 3. Medidas del mecanismo.....	26
Ilustración 4. Despiece del mecanismo.....	27
Ilustración 5. Detalle Sistema Eléctrico.....	28
Ilustración 6. Panel fotovoltaico.....	29
Ilustración 7. Fuente de Carga.....	29
Ilustración 8. Controlador de Sist. Eléctrico.....	30
Ilustración 9. Luz Led.....	30
Ilustración 10. Resistencia.....	30
Ilustración 11. Circuito Eléctrico.....	31
Ilustración 12. Estructura.....	32
Ilustración 13. Cubierta de Prototipo.....	32
Ilustración 14. Cronograma Actividades.....	36
Ilustración 15. Crecimiento de Tallo (Mecanismo).....	40
Ilustración 16. Crecimiento de Tallo (Testigo).....	40
Ilustración 17. Numero de Hojas (Mecanismo).....	41
Ilustración 18. Numero de Hojas (Testigo).....	41
Ilustración 19. Semana 2 de las plántulas derecha (Testigo), izquierda (prototipo).....	42
Ilustración 20. Semana 4 de las plántulas derecha (Testigo), izquierda (prototipo).....	42
Ilustración 21. Semana 6 de las plántulas derecha (Testigo), izquierda (prototipo).....	42
Ilustración 22. Semana 7 de las plántulas, derecha (Testigo), izquierda (prototipo).....	43
Ilustración 23. Semana 7 fruto (Prototipo).....	43
Ilustración 24. Variación de Crecimiento.....	44
Ilustración 25. Gráfica de Variación Crecimiento Tallo.....	45
Ilustración 26. Variación número de Hojas.....	46
Ilustración 27. Gráfica de Variación número de Hojas.....	47

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ARTIFICIAL LUMINICO ALIMENTADO POR ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA ESTIMULAR EL CRECIMIENTO DEL RABANO ROJO (*Raphanus sativus*)

Resumen

Durante la última década se ha incrementado la producción de alimentos y flores, estas crecen de acuerdo a las condiciones climáticas de su entorno; por lo cual es importante garantizar que estas condiciones sean las óptimas para su crecimiento, dado que no todas las plantas crecen al mismo ritmo cada una necesita condiciones específicas suelo, luz, espacio, agua, entre otras, pero si se quiere tener una producción durante todo el año no se puede limitar a un cambio climático es por esto que se plantea una alternativa óptima para agilizar su crecimiento, sin que dependan estrictamente del mismo, teniendo en cuenta que la implementación de un sistema genera sobrecostos en la producción actual se optó por manejar alternativas más amigables con el medio ambiente que permitieran tener una minimización de recursos y una maximización en la producción.

El mecanismo desarrollado busca emular a través de luces (LED) los rayos infrarrojos y ultravioletas producidos por el sol con el fin que las plántulas utilizadas en el prototipo artificial las utilicen en su proceso de fotosíntesis optimizando los procesos de producción vegetal sin afectar las propiedades fisicoquímicas de la misma.

Palabras Claves—Artificial, iluminación, condiciones climáticas optimización, crecimiento, fotosíntesis.

Abstract

During the last decade there has been increased the production of food and flowers, these grow every day to a constant speed depending on the climatic conditions of his environment; for

which it is important to guarantee that these conditions are the ideal ones for his growth, provided that not all the plants grow to the same pace each one needs a climatic specific condition, but the production of these cannot limit to a climate change for which an ideal alternative appears to improve his growth, without they depend strictly on the climate change, bearing in mind that the implementation of the system generates costs raised for his implementation generating an increase in the current production.

This work was showing the development of a mechanism of lighting that has as aim show a system of combination of solar light and artificial light (LED) for which it could improve the growth of you her plant without affecting his physicochemical properties of the same one. The mechanism of lighting is capable of imitating the natural light of the Sun by means of a developed controller. In view of the increase of the food production and flowers it is important to guarantee that these climatic conditions are ideal for his growth, nevertheless the production cannot limit to a climate change for which an ideal alternative appears to improve his growth without they depend strictly on the climate change, bearing in mind that the implementation of the system generates costs raised for his implementation generating an increase in the current production.

Introducción

En la actualidad está muy apoderada la dinámica de la globalización, por lo cual los países deben integrarse al modelo económico actual, lo que conlleva a que las grandes empresas requieran tomar decisiones eficientes para continuar realizando el trabajo como siempre se ha realizado o modificar las estrategias de producción para lograr ser altamente competitivos en el mercado actual. Dada la necesidad es importante asegurar que el desarrollo físico-químico de las plantas sea el más seguro y acorde, por lo cual se ideó un mecanismo que agilice el proceso de crecimiento natural de las plantas, asegurando la calidad del producto y a su vez cumpla con los requerimientos del mercado sin depender de los cambios climáticos del entorno de producción.

Como es conocido, la calidad de la luz juega un rol fundamental en la apariencia y productividad de cultivos alimenticios de especialidad y en los ornamentales. Por calidad de la luz en plantas se entiende su composición espectral de las diferentes longitudes de onda en el rango de “luz visible” (entre 400 a 700nm), es decir aquella cuyos fotones son absorbidos por los pigmentos, como las clorofilas, fitocromos y otros, encargados de los distintos procesos. La luz roja e infrarroja, por ejemplo, es importante para estimular la floración de muchas plantas, además de promover la elongación de los entrenudos. La azul regula la apertura de estomas, la orientación hacia la luz y la inhibición de la emergencia de plántulas, además de ser clave en diferentes procesos celulares relacionados al crecimiento. Las lámparas de más reciente introducción son las LED, acrónimo inglés para “diodo emisor de luz”, corresponde a un diodo cuyos pequeños cables o filamentos corresponden a dos materiales semiconductores que se unen y emiten luz al activarlo con electricidad. Al aplicar electricidad, los electrones se recombinan con los del interior liberando energía en la forma de fotones. El efecto se denomina electroluminiscencia, y la energía producida, es decir el color de la luz emitida la determinan los materiales semiconductores usados para los

filamentos. (Malagamba S, Luces LED, una alternativa eficiente para optimizar la producción en invernaderos, 2015)

El propósito principal del mecanismo es que contribuir al crecimiento continuo de las plantas, por ende se diseñó un sistema basado en la iluminación LED a través de paneles solares como fuente generadora de electricidad, los paneles son una fuente renovable que requiere la luz solar diaria para la transformación de la energía. Estas lámparas LED se adaptan especialmente a los requisitos de las plantas estimulando se crecimiento optimo, tanto en el interior como exterior, dado los picos de los rango espectrales que se ven en el espectro luminoso emitido en Colombia. Los picos de las diferentes longitudes de onda están alineados con precisión para la máxima fotosíntesis de las plantas irradiadas.

Planteamiento del Problema.

Durante décadas, los agricultores han tenido definidas las temporadas y fechas exactas para empezar a preparar la tierra, sembrar, recoger frutos, entre otras actividades propias de la agricultura, además de tener en cuenta las condiciones climáticas de la zona en la cual se desarrollara su cultivo, de acuerdo a estos los factores el agricultor decide cultivar una planta u otra. Colombia tiene diferentes regiones y cada una de ellas se caracteriza por unos cultivos específicos y es por esto que el Sector Agrícola ha estado sujeto a los cambios climáticos para la siembre y el desarrollo de los cultivos.

Con el paso del tiempo el clima de cada región en Colombia ha cambiado, modificando las temporadas y fechas determinadas para el proceso normal del cultivo, creando inconvenientes en el desarrollo de estos, adicionando al proceso más cuidados y condiciones especiales para que las

plantas pueda generar una cosecha, en especial en las plantas leguminosas las cuales son parte fundamental de nuestra fuente alimenticia y manutención de la parte rural en Colombia.

De acuerdo a un estudio realizado por Unicesar, “Los resultados del análisis muestran que para la región Andina de Colombia los cultivos asociados a la seguridad alimentaria como: maíz tradicional, frijol, plátano, yuca entre otros, estos cultivos de autoconsumo de los productores pobres se verán altamente afectados por el cambio climático. (Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2010, pág. 15).

La tecnología y sus grandes avances proveen de muchas soluciones para mitigar este tipo de efectos de una forma artificial ya sea modificando las plantas genéticamente o intervenido en sus procesos productivos a través de la utilización de ambientes controlados que regulan las condiciones climáticas. En su mayoría este tipo de tecnología es costosa y genera gran consumo de energía eléctrica, elevando los costos administrativos como lo son los servicios públicos de los agricultores que la emplean, afectando la rentabilidad del sector agricultor y contribuyendo al consumo de energías no renovables.

Es por esto y teniendo en cuenta las condiciones necesarias para el desarrollo correcto de las plantas, se quiere probar la influencia de forma positiva que genera la tecnología LED sobre el crecimiento de las plantas de manera controlada y artificial, apoyado en la alimentación de la misma a través de energía renovable soportada por paneles solares, para evaluar que el impacto tanto ambiental como económico no sea elevado. Adicional a esto que sean aptas para el consumo humano con todas las propiedades que una planta que crece bajo condiciones normales tiene ya que estas no serían modificadas genéticamente ni utilizando medios artificiales que generen

perdida en sus propiedades únicas y específicas; ni utilizaríamos elementos que a largo plazo resulten demasiados costosos para los agricultores.

Objetivos

Objetivo Principal

Evaluar el crecimiento del rábano rojo (*Raphanus sativus*), al utilizar un mecanismo que proporcione luz artificial constante durante un periodo diario de 24 horas el cual se encuentra alimentado por Paneles Solares Fotovoltaicos; para reducir el tiempo de producción agrícola.

Objetivos Específicos

- Diseñar e implementar un mecanismo de iluminación artificial que agilice el proceso de crecimiento de una planta a través de una fuente de energía fotovoltaica.
- Analizar y comparar los tiempos de desarrollo de las plantas de rábano en condiciones naturales contra las afectadas por la luz artificial.
- Comprobar la eficiencia del mecanismo implementado en función del crecimiento y la elongación del tallo, número de hojas generadas y el tamaño del fruto.

Pregunta de Investigación

¿Es posible acelerar el crecimiento de las plantas alimenticias de ciclo corto en un ambiente lumínico controlado, alimentado con energía fotovoltaica?

Justificación

En el sector de la agricultura podemos encontrar varias implementaciones de forma química (abonos) que hacen que las plantas crezcan de una forma más rápida, este tipo de prácticas afectan

directamente al ecosistema y por ende la salud de los humanos, ya que se realizan vertimientos de sustancias nocivas a los yacimientos de agua, causa erosión de los suelos, utilizan energías no renovables, entre otros.

Teniendo en cuenta esto y la necesidad de tener una producción más rápida de alimentos con la cual se genere el menor impacto posible a los ecosistemas, se decidió implementar bajo los principios del crecimiento de las plantas y su utilización de la luz solar, un método que nos permita cubrir las 24 horas de luz (azul y roja) necesaria para el crecimiento de las plantas y los frutos, la cual implementa una fuente de energía renovable, que permita controlar el crecimiento de la misma y el impacto que se genera al medio ambiente.

En este momento se están implementando soluciones lumínicas como las lámparas de sodio las cuales no solo producen pérdidas de potencia debido al calor generado sino también mucha luz en rangos espectrales que no inducen el crecimiento de la planta, por el contrario son responsables de que se quemen las plantas y por tanto que se desperdicie mucha energía elevando los consumos energéticos y causando mayor pérdida a los agricultores

Con el propósito de beneficiar al sector agrícola se busca adoptar un mecanismo que acelere el crecimiento de las plantas sin gastos excesivos y sin que las condiciones climáticas sean una restricción para que se desarrollen día tras día. La idea se desarrolla con la ayuda de la ciencia y la ingeniería, dado que es importante garantizar que las plantas serán producidas cuidadosamente, con un control estricto de la luz solar y artificial que recibirán diariamente para agilizar su crecimiento.

Marco de antecedentes

Debido a los cambios climáticos por los cuales están pasando las Regiones de Colombia, el Sector Agrícola ha determinado la necesidad de agilizar el proceso de crecimiento de las plantas sin que esto dependa del clima actual del sector donde se desarrolle el cultivo.

El proceso más importante que desencadena la luz en las plantas es la fotosíntesis. La fotosíntesis es un proceso que usan las plantas para producir el alimento que les ayuda a acumular más material para la planta. Mientras más rápida sea la velocidad de la fotosíntesis, más rápido crecerá la planta. Principalmente, la intensidad y la calidad de la luz impactan la velocidad de la fotosíntesis. Cuando llega el florecimiento, es importante conocer la duración del día, ya que impacta directamente el ritmo de florecimiento de muchos cultivos ornamentales. (Chen L, 2016).

Hace aproximadamente 16 años se empezó a generar la cultura del ahorro e intervención de los procesos productivos en el sector agrícola, empezando con el estudio realizado en México, el cual analizó el efecto de diferentes intensidades de luz sobre el crecimiento, en altura y producción de materia seca, en plántulas de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*, durante un período de seis meses en vivero. Los diferentes tratamientos de intensidades de luz correspondieron a 5%, 15%, 36% y 100% de luz solar directa. Los resultados obtenidos indican que la intensidad de luz tiene un efecto negativo sobre el crecimiento en altura de las plántulas, variando desde un valor promedio de 52 mm en el tratamiento 1 (100% de intensidad de luz) hasta 100 mm en el tratamiento 4 (5% de intensidad de luz). Para el caso del peso seco, los resultados obtenidos presentaron sus más altos valores en los tratamientos 2 (36% de intensidad de luz) con una media de 628 mg y 3 (15% de intensidad de luz) con una media de 539 mg. El tratamiento en el que crecieron mejor las plántulas fue el de 36% de intensidad de luz. (Najera C & Bermejo V, 1999).

Además de ello, en el país vecino Venezuela se utilizó un diseño con tres repeticiones y tratamientos de intensidad de Luz (100, 50 y 25%). Después de 21 días de crecimiento, se observó un mayor número de hojas y una menor área foliar con aumentos de la intensidad de la luz. Después de 28 y 35 días, el número de hojas, área foliar y la longitud de la raíz disminuyeron, pero la masa de los bulbos se incrementó. La floración tuvo lugar en la quinta semana. Después de los 65 días en el 100% de tratamiento con luz, el número de hojas fue mayor, mientras que el área foliar fue menor. Se concluye que la luz es importante en el crecimiento del corocillo, debido a que una mayor intensidad de luz promueve la floración y el número de hojas y mayor masa seca de las raíces, bulbos y total. (Rodriguez M & Lazo, 2008).

En el caso de cultivos de raíces y tubérculos tiende a producir una disminución del rendimiento y de la calidad; también influye en una disminución del aroma y dulzura de los frutos; de esta forma las fresas obtenidas en la vega de Aranjuez son más sabrosas y aromáticas que las que se pueden obtener en zonas con menor número de horas de sol. Por otro lado, una iluminación excesiva favorece el desarrollo de ramas. En cuanto a la germinación, es más rápida en la oscuridad que a la luz, excepto en algunas semillas de pequeño tamaño como las gramíneas para forraje. (Villalobos, 2002).

Aunque la mayoría de las investigaciones sobre el uso de luz LED han sido realizadas en cultivos alimenticios, su aplicación en producción de flores u ornamentales en general está también despertando gran interés. El poder manipular las respuestas de los cultivos para así optimizar los beneficios esperados ha sido el sueño de todo productor. El desarrollo de herramientas para hacerlo, como es la utilización de luces que permiten un mejor control de esas respuestas, sin duda contribuye a acercar ese sueño a la realidad. (Malagamba S, Luces LED, una alternativa eficiente para optimizar la producción en invernaderos, 2003).

Los distintos mecanismos de adaptación a radiación UV-B que se han documentado en plantas, hasta la fecha se relacionan esencialmente con estrategias que desarrollan éstas para evitar la penetración de este tipo de luz. Los cambios morfológicos que involucran la reducción del crecimiento son, sin lugar a duda, la respuesta más observada y se entiende como un mecanismo de protección que persigue disminuir (Carrasco R, 2005).

También, se realizó diferentes estudios en cuanto a la influencia de la intensidad lumínica sobre el crecimiento de dos cepas de *Dunaliella salina* aisladas de salinas venezolanas. Se estudió el crecimiento de dos cepas del micro alga *Dunaliella salina* mantenidas en el laboratorio a fin de evaluar el efecto de dos tipos de intensidades luminosas sobre los parámetros de crecimiento. Los cultivos se realizaron en viales de 500 ml con agua de mar a 270 ‰, una concentración de nutrientes de 4 mM, pH entre 7 y 7,5 y un fotoperiodo de 12:12. Los resultados indican que las mayores densidades y tasas de crecimiento se alcanzaron en ambas cepas a 10000 lux, sin embargo la cepa Boca Chica mostró un crecimiento mayor que la cepa Coche en ambas intensidades luminosas. Las máximas densidades celulares para Boca Chica y Coche fueron $8,06 \times 10^6$ y $9,76 \times 10^5$ cel/ml respectivamente obtenidas a 10000 lux, en comparación con las de $2,53 \times 10^6$ y $3,10 \times 10^5$ alcanzadas a 20000 lux respectivamente. Las cepas analizadas mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en los parámetros de crecimiento (K y TD) a una misma intensidad de luz. Todas las curvas de crecimiento presentaron su mayor ajuste con un modelo logístico polinomial. En ambas cepas la mayor correlación entre el crecimiento celular en relación al tiempo se obtuvieron con un modelo logístico polinomial. (Prieto A & Cruz G, 2008).

De acuerdo al estudio realizado en el Parque Tecnológico de Galicia se pudo comprobar que la fertilidad de las semillas es mayor en el caso de aquellas que no estuvieron expuestas a la

radiación. La luz no es una variable que hubiera influido en los resultados obtenidos ya que las semillas, al estar enterradas, no están en ningún caso expuestas a la luz. Esto es debido a que la ausencia de luz dentro de la jaula de Faraday pudo estimular el mayor aumento en altura de las plantas. (Bouza P & Álvarez A, 2012).

Durante un estudio realizado a Argentina, se analizó la utilización de la luz emitida para la Obtención de semilla pre básica se *Solanum* se pudo concluir que manteniendo por 21 días los cuatro frascos, por tratamiento, con plántulas de papa en medio de cultivo Murashige creciendo bajo las distintas fuentes lumínicas en una cámara de crecimiento con condiciones ambientales controladas (temperatura de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa de $50 \pm 10\%$). Se evaluó el peso fresco, peso seco, longitud del tallo, contenido de clorofila en hoja de las plántulas, y se analizó el consumo eléctrico de los sistemas lumínicos. En todos los parámetros, los dispositivos LEDs demostraron presentar una gran adaptabilidad a las necesidades de las plántulas de papa, superando en la mayoría de las variables en estudio, la performance lograda por los tubos de luz fluorescente (Navarro P, 2013).

Sin embargo en el año 2014 se presentaron nuevos avances para agilizar el crecimiento de las plantas en ambientes artificiales, los cuales contribuyen en el rendimiento y desarrollo de las plantas, esta para lo cual fue necesario crear un diseño especial a medida y un diseño muy robusto para ajustarse a las condiciones de los invernaderos, con la ayuda del desarrollo electrónico basado en estándares industriales y en el diseño mecánico y térmico, la producción de todos los componentes electrónicos y mecánicos, ventas, marketing y logística orientada al cliente. Los conocimientos especializados de HITEC en este ámbito han dado como resultado la aplicación exitosa de los LED UV para garantizar su funcionamiento pese a los requisitos específicos y complejos de refrigeración. Se suministra con una fuente de alimentación digital constante de alta

calidad que elimina las resistencias utilizadas habitualmente con la mayoría de soluciones LED. El diseño de HEITEC utiliza una Unidad de Alimentación mejorada ya que desempeña un papel crucial: debe proteger los LED sensibles frente a los picos de tensión y las interferencias, y al mismo tiempo prolonga la vida operativa hasta 10 años. Los reflectores también son obsoletos ya que los LED iluminan en una dirección y con un ángulo definido. En cuanto a la emisión de luz, se optimizó la carcasa de la lámpara Aequator LED para ofrecer el área mejor iluminada posible por módulo. (Hendrik, 2014).

En un diseño experimental se utilizó completamente al azar, con cuatro repeticiones de 30 semillas por unidad experimental. Se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de las variables evaluadas. Los tratamientos con luz roja presentaron los mayores valores de VG, donde el rojo por 12 horas fue el mejor con incrementos del 25% contra el control. Estos resultados mostraron que las respuestas fisiológicas producidas por la exposición a distintas longitudes de onda de luz LED de alta intensidad en semilla de brócoli variaron de acuerdo con el tiempo de exposición y tipo de longitud de onda usado, además de que este tipo de iluminación mostró ser una opción viable para mejorar la calidad fisiológica del brócoli. (López M, 2015).

Aunque los investigadores han generado un buen bagaje de conocimiento fundamental sobre las respuestas de las plantas a la LUV, y a la vez existen tecnologías que permiten aplicar tratamientos muy específicos en este sentido mediante el uso individual o combinado de diferentes plásticos y sistemas de iluminación. De este modo, se puede excluir o potenciar cualquiera de las tres fracciones que componen el espectro completo UV, y esta herramienta se puede aplicar a una gran diversidad de cultivos en condiciones controladas (túneles, invernaderos o cámaras de crecimiento), con el objetivo de controlar más eficazmente la forma y el color de las plantas, la

calidad de las plántulas, la incidencia de enfermedades y plagas, la presencia de compuestos relacionados con el gusto y el aroma, etc. (Nigel, Fereres, & Martínez A).

Marco Teórico

De acuerdo a la Organización de las naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación (Best, 2000): “Casi dos mil millones de personas de los países en desarrollo una tercera parte de la población mundial carecen de acceso a la electricidad. Los principales recursos energéticos a disposición de millones de familias rurales siguen siendo la leña, los residuos agrícolas, la fuerza humana y los animales de tiro. Es fundamental encontrar otras fuentes de energía, a la vez económicas e inocuas para el medio ambiente, con el fin de incrementar la productividad agrícola y mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales”.

Para realizar una implementación que supla todos los requerimientos, debemos tener como conceptos básicos lo siguiente:

Como afecta la luz en las plantas: La luz provee de la energía necesaria a las plantas para la fotosíntesis, con la cual se produce la materia orgánica para su crecimiento y desarrollo.

La fotosíntesis: es el proceso mediante el cual las plantas combinan el dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera con el agua y producen materia vegetal, emitiendo al ambiente oxígeno (O₂). Este proceso de las plantas depende de la intensidad y de la calidad de la luz. A mayor intensidad aumenta la fotosíntesis hasta un cierto nivel.

El desarrollo de las plantas puede ser activado o no dependiendo del número de horas de luz recibidas. Por ejemplo Algunos árboles necesitan un número determinado de horas de luz al día para crecer y poder reproducirse generando flores, pero cuando llega el otoño los días son más

cortos, y al no recibir las horas de luz que necesitan, su crecimiento se detiene y entran en una fase de reposo.

Foto-periodo: Varias actividades de las plantas, como la producción de flores, están determinadas por la duración del día; por esta razón las plantas se pueden clasificar a partir de sus respuestas al fotoperiodo. Las plantas de días cortos florecen solo en días cortos o la producción de flores es acelerada en días cortos (con menos de 12 horas de luz: maíz, algodón, crisantemos, dalias, etc.).

Las plantas de días largos florecen solo en días largos y la producción de flores es acelerada en días largos (con más de 12 horas de luz: trigo, espinaca, lechuga, Rabanos, etc.). También existen plantas que no responden al fotoperiodo, estas plantas son llamadas plantas neutrales al día y florecen por otros mecanismos (como el girasol).

En la naturaleza las semillas germinan en la oscuridad al ser enterradas en el suelo, por lo que las plántulas desarrollan rápidamente hipocótilos que se alargan sin abrir los cotiledones por encima de la superficie. Al llegar a la luz, se inhibe el alargamiento del hipocótilo y los cotiledones empiezan a expandirse y comienza el desarrollo del aparato fotosintético. Estos cambios del desarrollo se denominan colectivamente de-etiolación (Fankhauser y Chory, 1997; Von Arnim y Deng, 1996). En general se puede mencionar que la luz provoca un rápido cese de la elongación en el desarrollo de la plántula para adoptar una estrategia de crecimiento vegetativo aéreo apropiado para el ambiente de luz (Wang y Folta, 2013). La luz roja y roja lejana disminuyen el alargamiento del hipocótilo actuando principalmente a través de los fitocromos phyB y phyA, respectivamente (Parks et al., 2001). La luz azul inhibe fuertemente la elongación del tallo bajo tasas de iluminación alta (Folta y Spalding, 2001; Ahmad et al., 2002). Este efecto es

principalmente mediado por los criptocromos cry y se mantiene mientras la luz azul esté presente (Wang y Folta, 2013).

Intensidad de la luz: No todas las plantas responden igual a la intensidad de luz, el hecho de que una planta sea de días largos no quiere decir que deba estar en un lugar donde la intensidad de luz es de 100,000 lx (luz del sol en un día despejado), algunas plantas de días largos como el jitomate y la lechuga se desarrollan mejor entre 10,000 y 40,000 lx, por lo que colocar una protección, como un plástico lechoso o una malla sombra en un invernadero, para disminuir la intensidad de luz es muy importante.

De la misma manera cuando nuestro cultivo, por la ubicación o el lugar donde vivimos, no recibe la intensidad de luz adecuada, es necesario ubicarlo en un lugar con mayor iluminación o si es necesario colocar focos de entre 200 y 400 w, dependiendo de la especie, para satisfacer las necesidades de iluminación en tu cultivo. (REVISTA HYDRO ENVIRONMENT S.A, 2010).

“Consideramos tres principios de la luz que afectan al crecimiento de las plantas: Calidad, duración y Cantidad.

- ✓ **Calidad:** Se refiere al color o a la suma de colores que compone la luz que llega a la planta. La luz visible es radiación electromagnética que podemos ver. El color de la luz depende de su longitud de onda, medida en nanómetros (nm, una millonésima de un metro). Concretamente, la luz visible está compuesta por radiaciones de entre 380 nm (azul) a unos 740 nm (rojo), más allá del azul tenemos el ultravioleta (con menor longitud de onda) y por el otro lado tenemos el infrarrojo (con mayor longitud de onda).

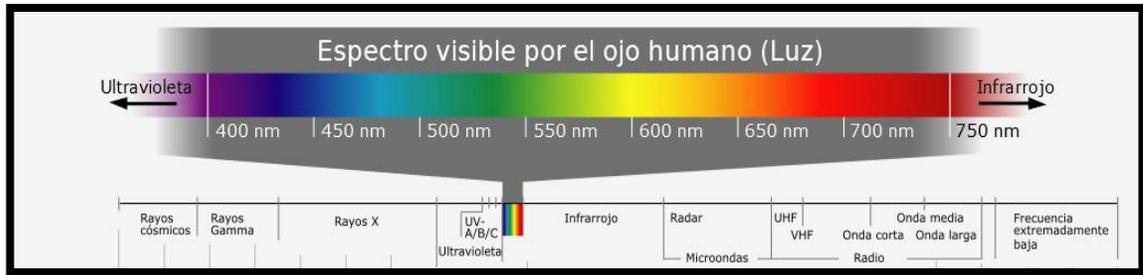


Ilustración 3. Espectro de luz visible

- Azul (entre 400 y 500 nm): Es responsable principalmente del crecimiento vegetativo (el que se da tras germinar y hasta la floración). Cuando le damos a una planta únicamente luz azul, crecen dando una estatura baja y tienen un color más oscuro.
- Rojo/Rojo lejano (600-700 nm): Las plantas interpretan estos colores como la proporción de uno con respecto a otro. Esta relación influencia la elongación del tallo, especialmente en cultivos de luz directa. Además, la proporción rojo/rojo lejano determina la floración en plantas sensibles a la duración de los días. Estas plantas más sensibles son además las que crecen mejor en luz directa, las que prefieren la sombra son menos sensibles a esta proporción. Una mayor cantidad de rojo lejano (es decir, menor relación rojo/rojo lejano), como es el caso de las bombillas incandescentes, favorece más longitud entre hojas en el mismo tallo, por lo que queda una planta más alta. Además las plantas reflejan mucho más el rojo lejano que el rojo. Una consecuencia de esto es que cuando hay muchas plantas juntas, la cantidad de rojo lejano aumenta (baja la proporción rojo/rojo lejano) y esto hace que las plantas alarguen sus tallos (por ejemplo, para captar la luz mejor ya que hay competencia).
- ✓ Duración: Hace referencia al foto período, o al número de horas de luz continuas que recibe una planta en un periodo de 24 horas. En el caso de estar en el campo, el

fotoperiodo durará lo mismo que las horas de luz solar, como es lógico. Además hay que tener en cuenta que el fotoperiodo varía en función de la estación y como hemos visto antes puede afectar a la floración de algunas plantas.

- ✓ Cantidad: Hace referencia al número de fotones (o partículas de luz) capaces de hacer fotosíntesis que recibe una superficie. Podemos referirnos a la cantidad en un determinado instante (intensidad de luz) o a toda la luz que recibe durante un día (DLI, del inglés Daily Light Integral). (Martin Basterrechea, 2014)

Concepto de DIF: La diferencia entre la temperatura (T^a) diurna y nocturna se conoce como DIF, y su control nos permite controlar la altura de planta y, en ocasiones, el número de flores o su tamaño. El DIF puede ser positivo, nulo o negativo. Realmente la T^a influye sobre el número de entrenudos (nº de hojas) y la longitud de éstos, que en definitiva son los dos aspectos que determinan la altura de la planta. El nº de hojas desplegadas en un tallo depende de la T^a media del día, y a mayor T^a media, mayor nº de hojas desplegadas. Sin embargo, la longitud de entrenudos depende de cómo discurre la T^a durante las 24 horas del día. La longitud de los entrenudos aumenta conforme el DIF aumenta y disminuye conforme se reduce. Cuanto mayor es el DIF más altas son las plantas. Hay que recordar que en los invernaderos se cultiva con un DIF +, y si se reduce la T^a del día para reducir el DIF, la longitud de entrenudos disminuye. Es decir, la elongación del tallo es favorecida con un DIF+ e inhibida con un DIF-.

Definiendo la funcionalidad de los LED en cultivos, la disminución del coste de la energía eléctrica puede ser 25 veces menor respecto a los fluorescentes. La mayor contribución de tecnología en este ámbito proviene de los Investigadores de la NASA, quienes desde hace tres años

han utilizado los LEDs en un sistema de hortalizas ideado para crecer en el espacio. Las lámparas “Growleds” se fabrican en muchos diseños y tamaños dependiendo de los fines de uso. (News, 2003)

Led: Los recientes desarrollos de la iluminación han impulsado en gran medida la horticultura, ya que ahora existe la posibilidad de manipular el espectro que incide directamente sobre las plantas, aumentando así su producción o determinando algunos efectos fisiológicos. Con este avance tecnológico resulta aconsejable sustituir los sistemas de iluminación fotosintética de lámparas incandescentes, por LEDs comerciales que emiten espectros de manera separada o por OLEDs susceptibles de emisión conjunta. En comparación, estos dispositivos consumen mucha menos energía y poseen una vida útil significativamente mayor, no generan exceso de calor que pueda dañar a las plantas, e incluso en el caso de los LEDs rojos, pueden repeler a los insectos disminuyendo el uso de agrotóxicos.

En la última década, se ha alcanzado un espectacular desarrollo en la potencia y capacidad de los LEDs y su optimización ha resultado una fuente de irradiación realmente económica para el crecimiento de las plantas, tanto en invernaderos como en cámaras de crecimiento controlado; ya sean en aplicaciones de cultivos hidropónicos, aeropónicos, o en camas de cultivo en suelo o sustrato; o si se requiere para sistemas subacuáticos en peceras y cultivos de algas. Además de que no requieren de balastos, los LEDs permiten a los productores situar los anaqueles más próximos entre sí, ya que al no producir calor pueden ubicarse prácticamente sobre las plantas. Además del aspecto estético, la posibilidad de instalar luces de colores tiene otro beneficio, ya que distintas luces se pueden combinar dependiendo de la especificidad del cultivo, o mejor aún, modificar el espectro de luz acompañando el proceso de crecimiento y floración. Distintos estudios han demostrado que la proporción ideal es doce LEDs rojos 660 nm, más seis LEDs de color naranja

612 nm y una azul de 470 nm, de tal manera que la proporción de luz azul a la luz roja y naranja es del 6-8%. También se publica a menudo que durante el crecimiento vegetativo se prefieren LEDs azules, donde la luz tiene una longitud de onda cercana a los 400 nm; en cambio para el proceso de floración y maduración de las frutas, se requiere una proporción mayor de color rojo correspondiente a los 660 nm. (Revista Ilumitet, 2013).

La utilización de sistemas de iluminación artificial para la producción en ambiente controlado es una oportunidad para incrementar los rendimientos en cultivos. La luz LED de alta intensidad podría ser una alternativa viable para usarse con estos propósitos. Sin embargo, es necesario mejorar el entendimiento de los procesos y mecanismos bajo los cuales las plantas responden a la luz. (Pinho & K. Jokinen, 2012). Esto sugiere que sea ineludible continuar realizando investigaciones relacionadas con los efectos del tratamiento con luz LED de alta intensidad, para la producción de brócoli y otras hortalizas en ambientes controlados.

El crecimiento de todo tipo de plantas requiere de nutrientes, agua, una temperatura específica y luz para un óptimo desarrollo, especialmente cuando están en un ambiente controlado. Diversas investigaciones han demostrado la influencia de la luz, como factor para el crecimiento en plantas. (Folta, 2004); (Y. & S. He, 2010); (Johkan & K. Shoji, 2012).

Construcción del mecanismo

Se planteó un sistema basado en la iluminación LED a través de paneles solares como fuente generadora de electricidad, los paneles son una fuente renovable que requiere la luz solar diaria para la transformación de la energía. Teniendo en cuenta la anterior información se diseñó

un mecanismo que supliera los requerimientos necesarios para el correcto crecimiento y desarrollo de las plantas, optimizando el tiempo natural de la misma.

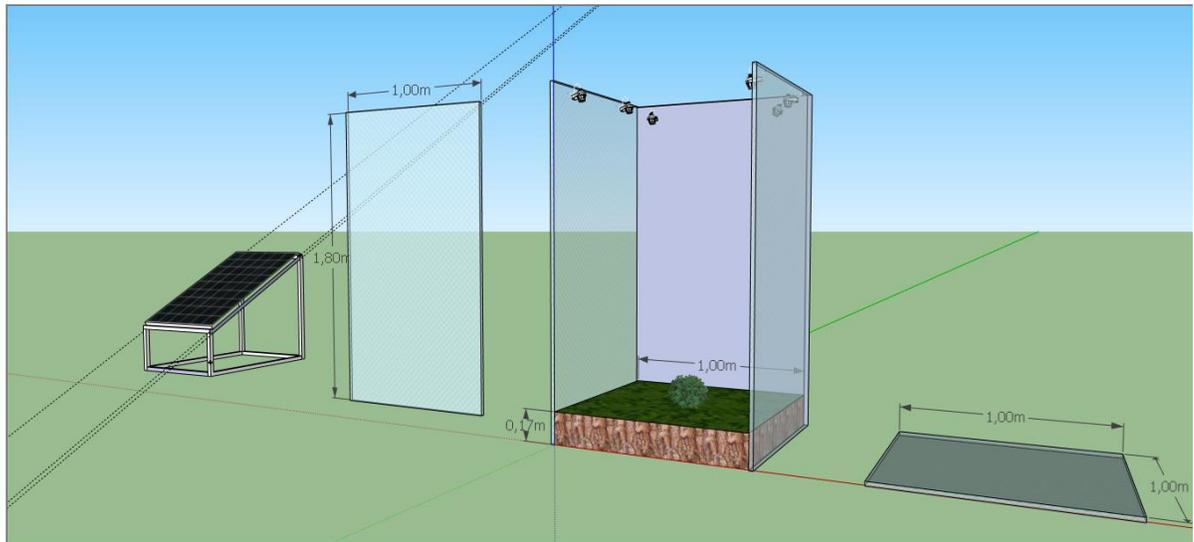


Ilustración 4. Mecanismo

En la construcción del mecanismo se utilizó 2 espectros de iluminación (rojo que proporcionan una longitud de onda 660 nm, y azul que proporciona una longitud de onda cercana a los 400 nm), en un circuito en serie de cuatro dispositivos (LED); distribuidos en tres líneas con una distancia aproximada de 25 cm una de la otra.

Con el fin de realizar un aislamiento de la luz natural se utilizó dos capas de cubrimiento, la primera con polietileno color negro y una interna de láminas de papel aluminio para generar un mayor aprovechamiento del espectro de onda lumínicos generados por los (LEDS).

Se implementaron dos cajones en igualdad de condiciones utilizando la misma cantidad de tierra, cascarilla de arroz y lombricompost para garantizar que la única variación que tuvieran los dispositivos fuera la influencia de la luz (Natural –Artificial).

Dimensiones

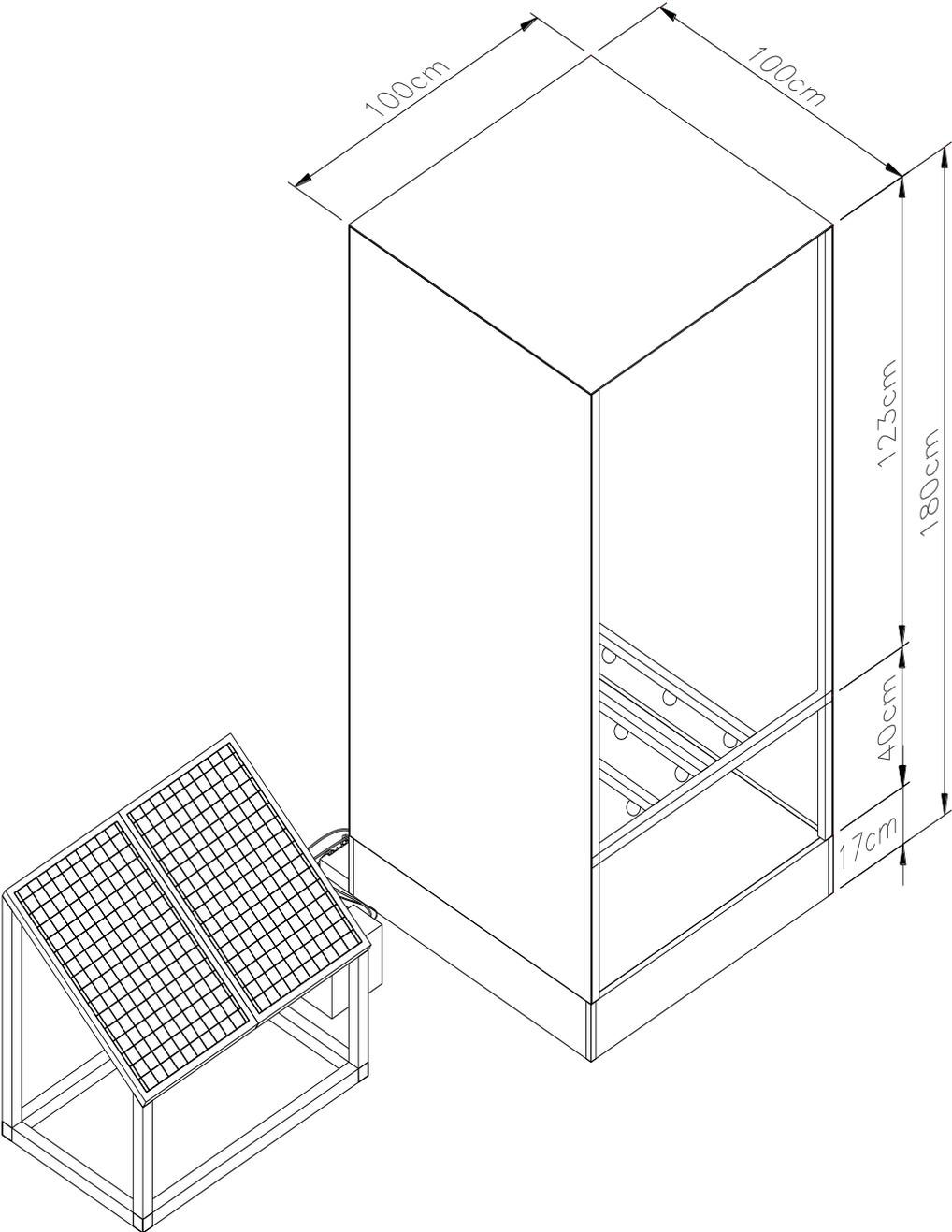


Ilustración 5. Medidas del Dispositivo

Despiece De Modelo

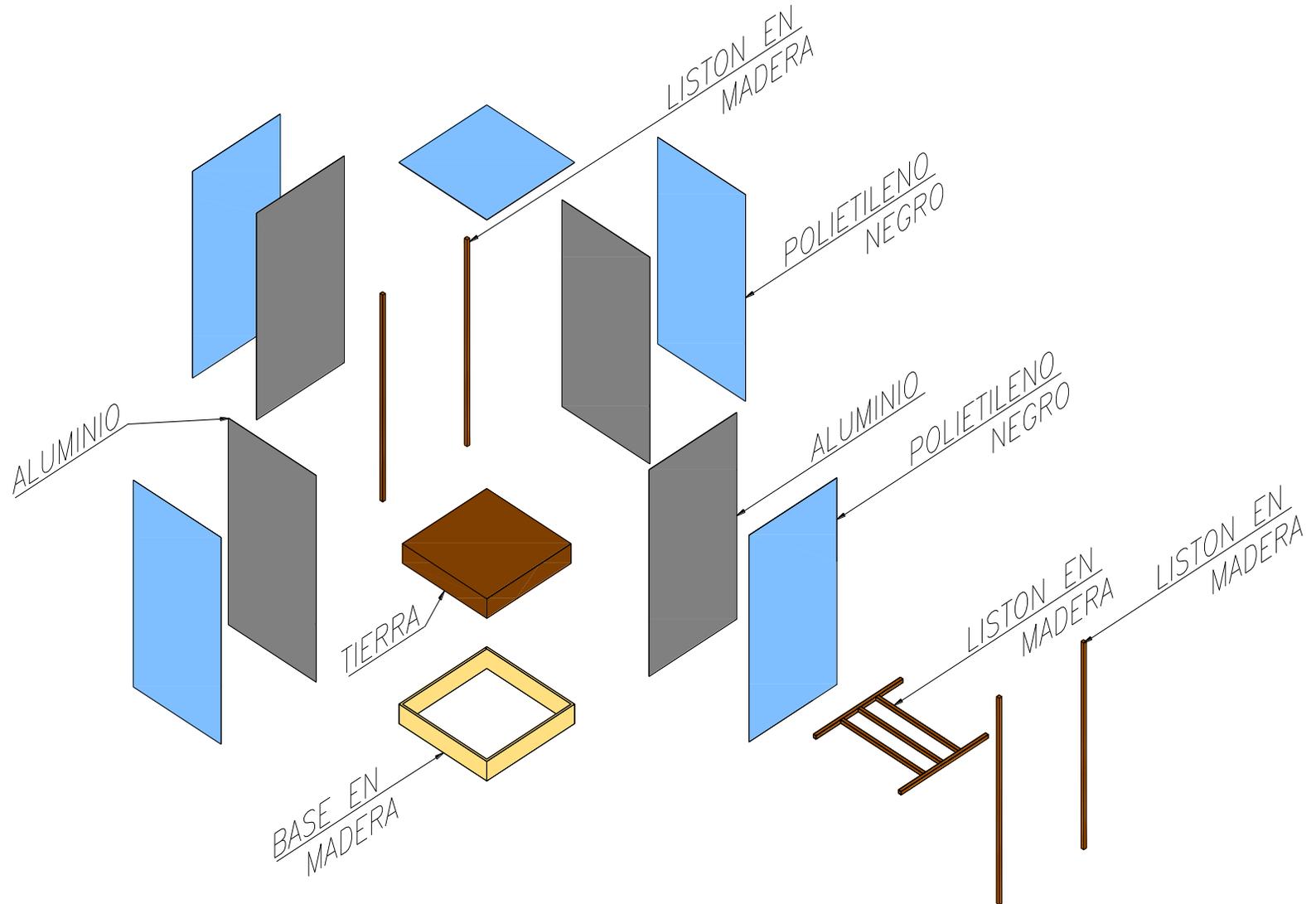


Ilustración 6. Despiece

Sistema Eléctrico.

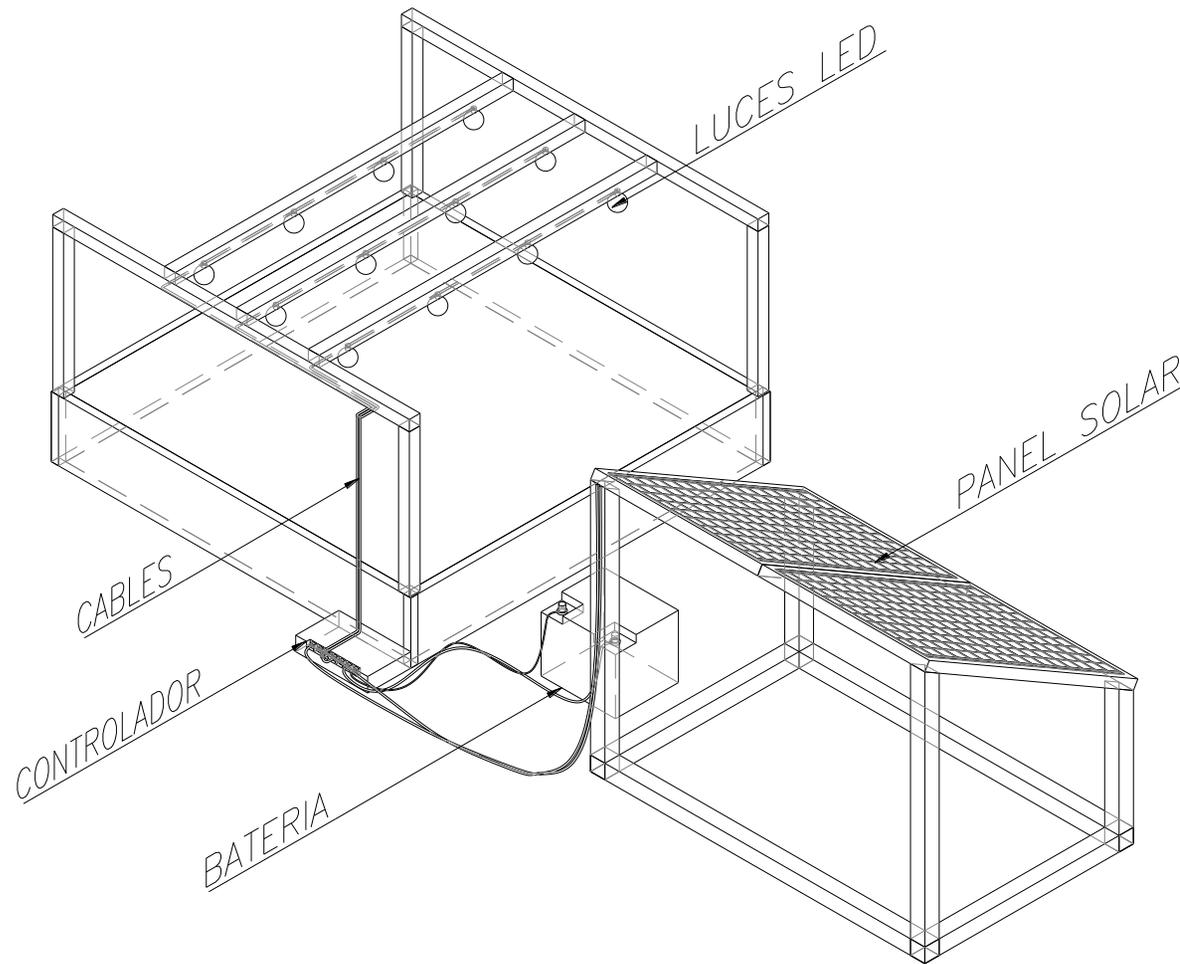


Ilustración 7. Detalle Sistema Eléctrico

Implementos

Panel Solar



Potencia Máxima: 40 Watts
Tolerancia de salida: 0 - + 3 %
Voltaje en VMP: 18,2 volts
Corriente en AMPs: 2,2 Amp.
Voltaje de circuito abierto: 22,2 volts
Corriente de corto circuito: 2,37 Amp.
Máxima Tensión: 1000 VDC
Amperaje máximo de fusible: 15,0 Amp.
Temperatura de Operación: -40°C + 85°C
Peso: 4 Kgs.
Dimensión: 46,5 cm x 67 cm x 2,5 cm

Batería



Dimensiones (mm).
Largo: 207.
Ancho: 175.
Alto: 175.

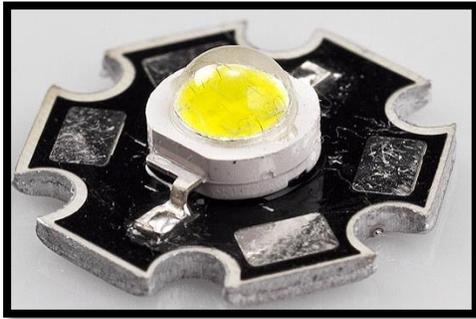
Peso:
11,03 Kgs.
Amperios: 12
Voltios: 12
Potencia: 108

Controlador



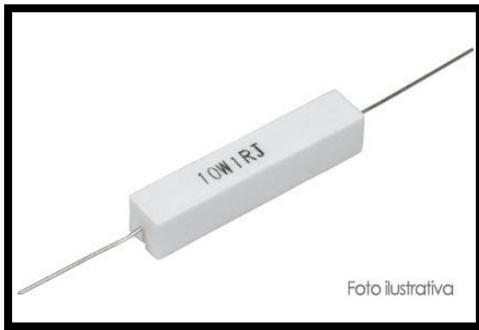
Voltaje de sistema nominal: trabajo auto
12/24VDC
Gama del voltaje de la batería: 6-36V
Corriente clasificada de la batería: SS2024
20A
Caída de voltaje del circuito de la carga: & le;
0.26V
Caída de voltaje del circuito de la descarga: & le;
0.15V
Uno mismo-consumición: & le; 6mA
Remuneración de temperatura: -30mV/&
grado; C/12V (25& grado; Referencia de C)
Dimensión total: 132 (5.2) x70.5 (2.77) x30
(1.18) mm/inches
Peso neto: 0.25KG

Bombillo Led 3V



Disipación de energía: 3W
Voltaje delantero: 3.15 ~ 3.4V Corriente en avance: 350mA
Longitud de onda dominante (tc): 6000K-7000K
Intensidad luminosa: 80 ~ 90 lúmenes
Ángulo de visión: 120 ~ 140 °
Duración de la vida útil: 50.000 horas
Temperatura de funcionamiento: -20 ~ +80 ° C
Temperatura de almacenamiento: -30 ~ +100 ° C

Resistencia 10Ω



Resistencia: 10 Ohm.
Potencia: 10 W
Tolerancia: 5%
Tipo: Cemento

Circuito

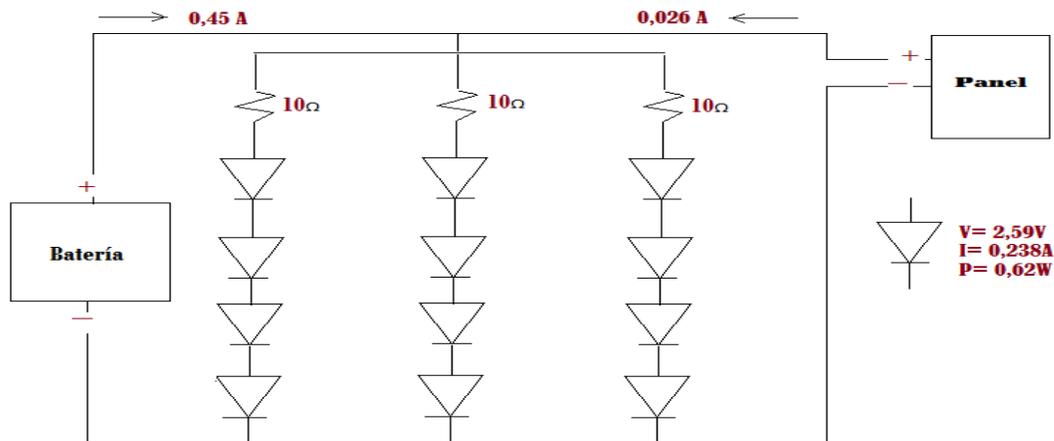


Ilustración 8. Circuito Eléctrico

Voltaje total: 12,73V

Consumo Total: P.L: $12 * 0,62\text{W} + 3 * 2,38\text{V} * 0,238\text{A}$

$= 9,130\text{W}.$

Montaje



Ilustración 9. Estructura



Ilustración 10. Cubierta de Estructura

Variables

Independiente

- Ambiente artificial controlado.

Dependientes

- Tiempos de crecimientos.
- Extenso de las hojas.

Hipótesis

Hipótesis Nula

El tiempo de crecimiento y el largo de las hojas de la planta, no se le atribuyen a la exposición de la luz artificial por 24 horas en un ambiente controlado.

Hipótesis Alternas

- Al exponer las plantas durante 24 horas en su periodo de formación, a la luz artificial dentro de un ambiente controlado tienden a generar mayor efectividad en su tiempo de crecimiento.
- Las plantas que son expuestas a la luz artificial en ambientes controlados tienden a alcanzar el largo de sus hojas más rápido con respecto a las que se han generado en un ambiente natural.

Metodología

La investigación se encuentra centrada en un modelo cuantitativo y orientado hacia una investigación experimental y descriptiva.

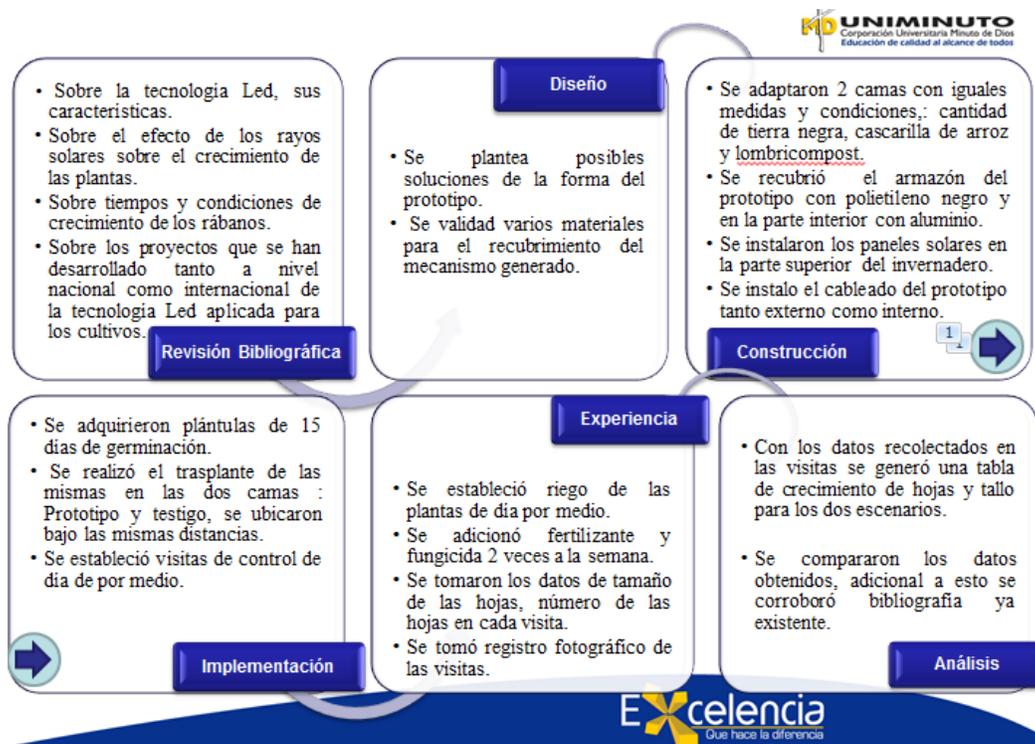
Se diseñará e implementará un mecanismo el cual proporcione luz artificial, producida por bombillos LEDs, para este proyecto se han elegido tres espectros de luz específicamente porque las condiciones lumínicas que estas ofrecen son los fragmentos de luz que utilizan las plantas para su desarrollo y crecimiento: los de color azul, los cuales tienen una longitud de onda de 380nm y los de color amarillo los cuales tienen una longitud de onda de 580nm que son los responsables del crecimiento vegetativo, y los rojos que tienen una longitud de onda de 740nm, son los responsables de la elongación del tallo y la floración de la planta, semejando los espectros de luz solar recibidos por las plantas en condiciones naturales. (Arias, 2006)

Los cultivos muestrales se desarrollaran en las instalaciones de la universidad Uniminuto, en la sede de la calle 90 más específicamente en el invernadero, se asignó 1m² tanto para el prototipo como para el testigo; el prototipo estará expuesto a la luz artificial y el testigo que se encuentra bajo condiciones ambiente. Es por ello que la investigación utilizara un diseño de campo pues nos centraremos en hechos reales por lo que es necesario llevar a cabo una estrategia que permita analizar los datos directamente con el desarrollo del proyecto. (Sabino, 1992, pág. 72).

Se tomaran datos de día de por medio con respecto al desarrollo de las plantas en las dos condiciones, los datos serán recolectados en un software estadístico que se llama Excel el cual permite que los mismos sean analizados y comparados; con el fin de obtener los porcentajes tanto en la fase crecimiento y floración de las mismas. (Tamayo, 2003, pág. 46).

Con la información obtenida de los datos recolectados se busca probar la viabilidad del proyecto de investigación, el cual busca generar mayor efectividad en la producción agrícola sin generar efectos negativos tanto en la parte económica como en la parte ambiental, permitiendo que la implementación del mismo se realice tanto en las áreas rurales como en las urbanas (Campoy Aranda & Gomes Araújo, 2009, pág. 277).

Fases de la Metodología



Resultados

Conocimiento Tecnológico

Resultado	Descripción	Cantidad	Beneficio
Adaptación de tecnología led en los cultivos de rábano.	Se implementa esta tecnología con el fin de acelerar el crecimiento de las plantas del Rábano.	1	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultores. • Creadores de huertas urbanas. • La comunidad en general.
Utilización de energía limpia renovable para el funcionamiento del prototipo(panel solar)	En conjunto con la tecnología Led se implementan paneles solares para una producción limpia de energía.	1	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultores. • Creadores de huertas urbanas. • La comunidad en general. • Medio Ambiente.
Artículo indexado	Material científico sobre la producción del Rábano bajo un ambiente artificial.	1	<ul style="list-style-type: none"> • Comunidad académica. • Agricultores.

Fortalecimiento de la Comunidad Científica

Resultado	Descripción	Cantidad	Beneficio
-----------	-------------	----------	-----------

Formación de estudiantes de pregrado de ing. industrial.	Contribución en la formación correspondiente al campo de investigación de los estudiantes.	3	<ul style="list-style-type: none"> • Comunidad estudiantil.
Consolidación de redes investigación de la universidad.	Se aporta con el desarrollo de la investigación al grupo de semillero de la universidad.	1	<ul style="list-style-type: none"> • Comunidad académica y científica.

Impactos

Configuración del impacto	Impacto social se permite el acceso de nuevas tecnologías para la implementación de cultivos controlados, minimizando los tiempos de producción.
Descripción	Los agricultores tanto urbanos como rurales tendrán acceso de manera efectiva a nueva tecnología que les permita mejorar en forma considerable su producción.
Tiempo de medición	Largo Plazo

Configuración del impacto.	Impacto económico con la implementación de la nueva tecnología se busca suplir la utilización de energía eléctrica y la reducción de costos en los cultivos controlados.
----------------------------	--

Descripción	Con esta tecnología las implementaciones se harán bajo un menor costo para aprovechar al máximo los recursos renovables sin que esto genere mayores costos.
Tiempo de medición	Largo Plazo

Configuración del Impacto	Impacto ambiental con el cual se busca la reducción de los recursos no renovables que se utilizan actualmente en el campo de la agricultura.
Descripción	Al implementar este tipo de tecnología la utilización se puede realizar en diversos escenarios lo cual permite reducir la utilización de los recursos que no son renovables.
Tiempo de medición	Largo Plazo

El objetivo del estudio fue evaluar el uso de luz LED de alta intensidad de dos longitudes de onda (roja y azul) con 24 horas tiempos de exposición, como una alternativa para la germinación y crecimiento de las plantas de Rábanos.

Seguimiento al crecimiento de la planta.

Recolectando cada dos días los datos de crecimiento de cada una de las plántulas, se obtuvo los siguientes datos:

- Crecimiento en tallo, Unidad de Medida : Centímetros

Seguimiento al Crecimiento de la Planta (Prototipo)																			
Planta Fecha	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16	No. 17	No. 18	Promedio
16/01/16	4.3	4.4	5.0	4.8	4.0	5.0	4.3	4.5	4.0	5.0	4.6	4.5	4.0	5.1	4.3	4.7	4.6	4.0	4.51
18/01/16	5.2	6.2	7.2	6.9	5.3	6.6	5.5	6.4	6.3	5.9	5.7	7.2	4.9	6.3	5.3	6.6	5.3	5.3	6.01
20/01/16	5.7	9.4	7.8	10.6	5.9	9.7	7.3	7.3	8.2	6.6	6.8	8.4	6.4	7.4	6.5	7.4	6.6	6.9	7.49
22/01/16	6.0	12.1	8.4	10.9	6.7	10.9	8.3	11.2	9.7	8.7	7.1	8.6	7.1	9.5	7.4	9.2	7.7	8.8	8.79
24/01/16	6.8	15.2	10.3	12.5	8.4	11.7	9.7	13.7	11.1	10.5	8.7	11.2	8.3	12.3	8.9	10.9	8.3	10.2	10.48
26/01/16	8.2	16.4	11.3	17.4	14.3	15.1	13.5	14.1	11.9	10.9	9.4	12.8	9.2	13.7	9.7	12.7	9.3	11.9	12.32
28/01/16	10.5	17.3	15.1	18.2	15.2	15.8	15.6	14.7	12.2	11.8	11.7	13.6	11.7	14.2	10.9	14.3	10.6	12.7	13.67
30/01/16	14.5	17.9	15.8	18.9	16.7	16.6	17.5	15.3	12.6	12.4	13.9	14.7	14.2	15.4	11.3	16.1	12.2	13.6	14.98
01/02/16	15.2	19.6	17.3	21.7	18.5	17.9	18.2	16.4	15.3	13.8	16.3	15.8	15.7	15.9	13.3	17.4	14.6	14.7	16.55
03/02/16	16.7	20.3	18.5	22.5	21.3	19.1	19.3	16.9	17.1	15.7	17.2	16.7	16.9	17.2	15.3	18.9	16.2	17.2	17.94
05/02/16	17.3	20.9	19.6	24.1	21.9	19.9	19.9	18.2	17.9	17.1	18.9	17.9	19.4	18.5	17.1	19.7	17.6	19.3	18.89
07/02/16	23.9	23.3	22.6	24.8	22.3	21.5	20.8	18.9	19.6	17.9	20.4	19.1	20.5	19.4	19.2	20.7	18.4	20.4	20.76
09/02/16	25.5	24.5	23.8	25.1	23.2	22.8	21.4	19.8	21.5	19.7	22.6	20.3	21.7	22.1	20.7	23.2	20.3	22.4	22.26

*Datos Tomados en Centímetros (Cm)

Ilustración 12. Crecimiento de Tallo

Seguimiento al Crecimiento de la Planta en Centímetros (Testigo)																			
Planta Fecha	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16	No. 17	No. 18	Promedio
16/01/16	4.3	4.1	4.2	4.5	4.4	4.2	5.0	4.2	4.3	5.0	4.2	4.3	5.1	4.5	4.5	4.1	4.6	4.7	4.46
18/01/16	4.9	4.3	4.7	4.8	5.4	5.0	5.7	4.9	4.7	5.6	4.9	5.2	5.7	5.0	5.1	4.7	4.9	5.2	5.04
20/01/16	6.2	4.8	5.3	4.8	5.9	7.7	6.9	5.4	5.8	5.9	5.2	5.8	6.1	5.7	5.8	5.3	6.7	6.4	5.87
22/01/16	7.5	5.2	5.9	6.3	6.7	8.5	7.5	6.6	6.4	6.7	5.8	6.2	7.3	6.8	6.4	6.1	8.3	8.6	6.82
24/01/16	8.4	5.7	6.8	6.8	8.2	9.3	7.9	7.2	6.9	7.9	6.1	6.9	7.9	7.4	7.4	6.8	9.5	9.1	7.57
26/01/16	8.9	6.2	7.3	7.3	8.9	10.7	8.4	7.5	7.7	8.2	7.3	9.0	8.3	8.3	7.9	7.3	10.2	9.6	8.28
28/01/16	9.7	6.8	8.4	8.2	9.5	11.3	9.6	7.9	8.4	8.5	9.1	9.3	8.8	9.1	8.3	7.9	10.8	10.1	8.98
30/01/16	11.1	7.7	10.2	9.9	11.2	11.9	10.3	9.5	9.3	9.0	11.1	9.9	10.4	9.7	9.0	8.8	11.3	10.7	10.13
01/02/16	11.7	9.2	11.4	10.7	11.7	13.4	11.6	9.9	9.7	10.5	12.7	10.7	11.5	10.5	11.7	10.3	11.9	11.3	11.13
03/02/16	12.2	11.4	11.9	13.4	11.9	14.3	13.4	11.3	10.2	11.0	13.2	11.7	12.5	12.6	13.1	11.7	13.5	11.9	12.29
05/02/16	12.8	13.2	12.7	14.7	12.3	14.9	13.9	13.5	10.7	11.8	13.9	12.9	13.6	13.7	13.9	12.7	14.2	13.7	13.28
07/02/16	13.3	14.4	13.1	15.1	14.4	15.3	14.3	14.3	11.3	12.3	14.2	13.7	14.7	14.3	14.3	13.3	14.8	14.1	13.96
09/02/16	14.2	15.3	14.2	15.3	14.7	15.9	14.7	15.1	12.4	13.2	15.2	14.0	15.1	15.4	14.9	14.3	15.2	14.9	14.67

*Datos Tomados en Centímetros (Cm)

Ilustración 13. Crecimiento de Tallo (Testigo)

Seguimiento del Número de hojas de la planta.

Recolectando cada dos días la cantidad de hojas a lo largo del mes para cada una de las plántulas, se obtuvo los siguientes datos:

- Cantidad de Hojas.

Seguimiento al Numero de Hojas (Prototipo)																			
Planta Fecha	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16	No. 17	No. 18	Promedio
16/01/16	6	5	5	6	6	6	6	6	6	4	6	6	6	6	6	4	6	6	5.67
18/01/16	6	5	5	6	6	6	6	6	6	4	6	6	6	6	5	4	6	4	5.50
20/01/16	6	5	5	5	6	5	6	6	6	4	6	5	5	6	5	4	6	4	5.28
22/01/16	5	5	4	5	5	5	6	6	5	5	4	5	5	5	5	4	5	4	4.89
24/01/16	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4.78
26/01/16	4	4	3	4	5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4.50
28/01/16	5	4	4	4	5	4	5	5	4	5	4	4	4	5	4	5	4	5	4.44
30/01/16	5	5	4	5	6	4	5	4	3	6	5	3	4	5	5	5	4	6	4.67
01/02/16	5	5	4	6	6	5	5	4	3	6	5	3	5	6	5	6	5	6	5.00
03/02/16	6	5	5	6	6	5	6	5	4	6	5	4	5	6	5	6	5	6	5.33
05/02/16	6	6	5	6	6	5	6	5	4	7	5	5	5	6	6	6	5	6	5.56
07/02/16	6	6	5	7	7	6	6	6	5	7	6	5	5	7	6	7	6	7	6.11
09/02/16	6	6	5	7	7	6	6	6	5	7	6	5	6	7	6	7	6	7	6.17

Ilustración 14. Numero de Hojas Prototipo

Seguimiento al Numero de Hojas (Testigo)																			
Planta Fecha	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16	No. 17	No. 18	Promedio
16/01/16	5	5	5	6	6	5	6	4	6	4	6	5	6	6	6	4	6	6	5.39
18/01/16	5	5	5	6	6	5	6	4	6	4	6	5	6	6	5	4	6	5	5.28
20/01/16	5	5	5	5	6	5	6	4	6	4	6	5	5	6	5	4	6	5	5.17
22/01/16	5	5	4	5	5	5	6	4	5	3	4	5	5	5	5	4	5	5	4.72
24/01/16	4	4	4	5	5	5	5	5	5	3	4	5	5	5	4	3	5	4	4.44
26/01/16	4	4	3	4	4	4	5	5	5	3	4	4	5	5	4	3	5	4	4.17
28/01/16	4	4	4	4	4	4	5	5	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4.00
30/01/16	5	5	4	3	4	4	5	4	4	3	5	3	4	4	5	3	4	4	4.06
01/02/16	5	5	4	3	4	5	5	4	4	4	5	3	5	4	5	3	5	4	4.28
03/02/16	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5	4	5	4	5	4	5	4	4.56
05/02/16	6	6	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	5	4	4.78
07/02/16	6	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4.83
09/02/16	6	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4.83

Ilustración 15. Numero de Hojas del Testigo



Ilustración 14. Semana 1 de las plántulas izquierda (Prototipo) - Derecha (Testigo)



Ilustración 15. Semana 3 de las plántulas; izquierda (Prototipo) - Derecha (Testigo)



Ilustración 16. Semana 5 de las plántulas izquierda (prototipo) - Derecha (Testigo),

Seguimiento al crecimiento de la planta.

Análisis de resultados

Dada la tabulación de los datos de crecimiento se procedió a realizar el respectivo análisis comparativo del crecimiento de las plántulas, para el mecanismo donde la planta fue sometida a luz LED en un periodo de 24 horas y el testigo quien estaba en condiciones normales.

Mecanismo Fecha	Prototipo	Mecanismo	% Variación
16/01/16	4.51	4.46	1%
18/01/16	6.01	5.04	19%
20/01/16	7.49	5.87	28%
22/01/16	8.79	6.82	29%
24/01/16	10.48	7.57	39%
26/01/16	12.32	8.28	49%
28/01/16	13.67	8.98	52%
30/01/16	14.98	10.13	48%
01/02/16	16.55	11.13	49%
03/02/16	17.94	12.29	46%
05/02/16	18.89	13.28	42%
07/02/16	20.76	13.96	49%
09/02/16	22.26	14.67	52%

Ilustración 17. Porcentajes de Variación Crecimiento

El análisis de datos mostró diferencias significativas en las variables evaluadas del Rábano para el tratamiento con luz LED. La velocidad de germinación a las 24 horas (LED azules y rojos) fue superior en 160% para la primera semana, siendo una diferencia exponencial puesto que luego de tres semanas la plántula sometida a la luz creció en un 500% más rápido que la del testigo el cual estuvo en condiciones normales. Como se puede evidenciar en la siguiente grafica comparativo del comportamiento de crecimiento de la planta a los largo de 1 mes.

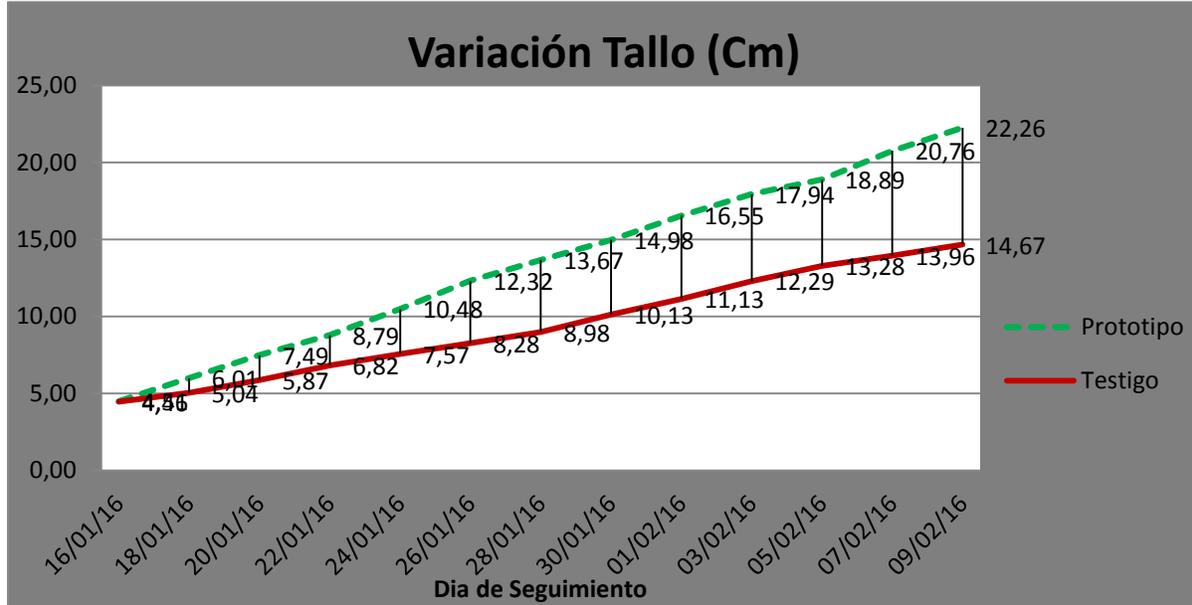


Ilustración 18. Grafica de variación de Crecimiento

Las características de la luz a la cual fueron sometidas las plántulas, como lo es la longitud de onda, dirección, intensidad y duración, proporcionaban señales que se monitorean a través de foto receptores que traducen estas señales celulares, afectando los mecanismos de control y desarrollo de la planta. Se han realizado varias investigaciones donde se hace uso de lámparas fluorescentes en cámaras de crecimiento e invernaderos para optimizar el desarrollo de las plantas. Sin embargo, estas fuentes de luz contienen longitudes de onda innecesarias y de baja calidad para promover el crecimiento (Astolfi & C. Marianello, 2012).

Dada la tabulación de los datos del número de hojas de cada una de las plántulas se procedió a realizar el respectivo análisis comparativo del crecimiento de las plántulas, para el mecanismo donde la planta fue sometida a luz LED en un periodo de 24 horas y el testigo quien estaba en condiciones normales.

Mecanismo Fecha	Prototipo	Mecanismo	% Variación
16/01/16	5.67	5.39	5%
18/01/16	5.50	5.28	4%
20/01/16	5.28	5.17	2%
22/01/16	4.89	4.72	4%
24/01/16	4.78	4.44	8%
26/01/16	4.50	4.17	8%
28/01/16	4.44	4.00	11%
30/01/16	4.67	4.06	15%
01/02/16	5.00	4.28	17%
03/02/16	5.33	4.56	17%
05/02/16	5.56	4.78	16%
07/02/16	6.11	4.83	26%
09/02/16	6.17	4.83	28%

Ilustración 169. Porcentajes de Variación (flor)

El análisis de datos mostró diferencias estadísticas pero no tan significativas en las variables evaluadas del Rábano para el tratamiento con luz LED. La velocidad de floración a las 24 horas (LED azules y rojos) fue para el último día del 133% con respecto al testigo el cual estuvo en condiciones normales.

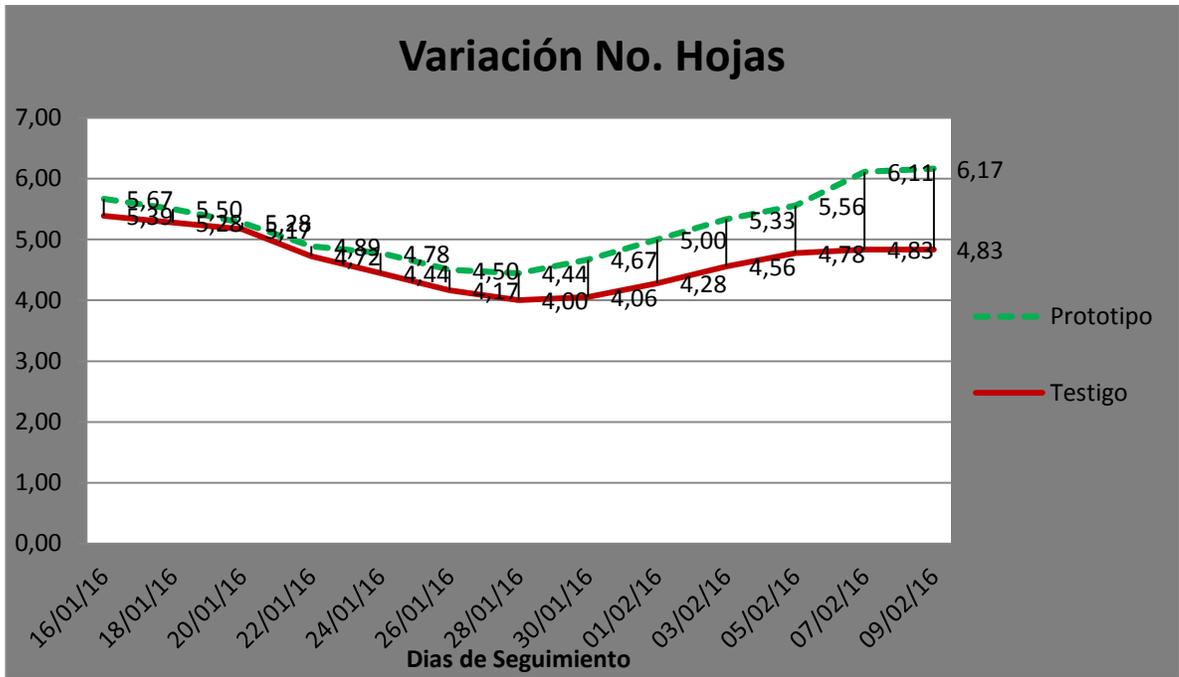


Ilustración 20. Grafica de variación de Floración

Seguimiento al crecimiento del fruto.



Ilustración 17. Fruto

Seguimiento Fruto en centímetros (Prototipo)																			
Planta Fecha	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16	No. 17	No. 18	Promedio
16/02/17	2,5	3,0	2,1	2,7	2,4	2,5	3,0	3,2	2,2	2,6	2,4	2,0	2,8	2,4	3,0	2,2	2,3	2,2	2,5

De acuerdo a la información obtenida a partir de la semana 7, el fruto generado por las plantas sembradas en el prototipo, está apto para su recolección a diferencia de las plantas que se encuentran en el testigo.

La medida promedio de los frutos generados en el prototipo es de 2,5cm lo cual se encuentra dentro de la media de crecimiento de acuerdo a la información registrada en la revista (Eroski Consumer, 2016) “Tamaño y peso: las variedades alargadas miden de 10 a 15 centímetros, mientras que las redondas tienen un diámetro de unos 2 ó 3 centímetros. Su peso en el mercado suele ser de unos 70 gramos, si bien hay ejemplares que pueden llegar a pesar hasta 1 kilo o más.

Conclusiones

El desarrollo de planta en un sistema controlado no solo permite mejoras en los procesos en los que este interviene, sino que también permite la automatización de tareas de manera más confiable, de esta manera el sistema de control incide positivamente en aumentar el proceso de fotosíntesis y la capacidad productiva de las plantas puesto que actúa directamente sobre los problemas que presentan los cultivos durante el periodo de su desarrollo y crecimiento.

Esto se puede evidenciar en la investigación que se ha realizado; las plántulas que fueron afectadas bajo el prototipo tuvo un mejor control de humedad, de luz, y demás condiciones que le permitieron obtener un desarrollo acorde a los resultados esperados, a comparación de las plántulas que estuvieron bajo condiciones normales, a pesar que el tratamiento para las dos escenarios fue el mismo: los mismos días de riego, la misma cantidad de fertilizante, el mismo control de plaga,

estas no pudieron realizar su crecimiento de acuerdo a lo que se esperaba a pesar de brindárseles los mismos tratos con respecto a lo anteriormente nombrado.

Los resultados mostraron una mayor velocidad de crecimiento de hojas y sus longitudes con respecto al control en semilla de Rábano en los tratamientos con luz LED de alta intensidad, donde fueron sometidas a 24 horas de exposición y se obtuvo una mayor velocidad en el crecimiento de la misma.

Cabe resaltar que dentro de las observaciones realizadas en las plántulas del prototipo se ha comprobado que el sistema de luz artificial que fue utilizado afecta de forma considerable a las hojas de las plantas: acelera su crecimiento, a diferencia del fruto, para este el crecimiento a comparación de las plantas bajo condiciones normales es más lento y su volumen es más pequeño

El mecanismo creado con los materiales antes mencionados, acelera de forma positiva el crecimiento de las plantas y no solo esto ya que al estar alimentado por paneles solares nos permitió realizar el proyecto sin generar consumos de energía no renovable.

Teniendo en cuenta lo anterior podemos asegurar que este tipo de implementaciones son acertados cuando el propósito que se busca es el de tener una mayor productividad a menor costo.

El tiempo de crecimiento de las plántulas dentro del mecanismo artificial incremento en promedio un 39% con respecto a las plántulas testigos de acuerdo a la longitud de sus tallos. Dentro de los documentos validados, el tiempo vegetativo de las plantas de rábanos es de 35 a 40 días para alcanzar la longitud máxima de las hojas, para el prototipo esta medida se alcanzó aproximadamente a los 26 días, es decir que se presentó una reducción de 9 días con respecto al promedio general mostrado por estas plantas.

Con respecto al fruto de acuerdo a la información registrada en los documentos consultados el periodo propicio de recolección se presenta entre los 40 a 45 días del tiempo vegetativo, para el prototipo este periodo se evidenció a los 43 días, es decir que se obtuvo dentro de las fechas ya estipuladas.

Por lo cual estas condiciones que afectan artificialmente a las plántulas hacen que su productividad sea mayor en comparación de las plantas que se encuentran en condiciones normales.

La implementación de este tipo de tecnología al sector agrícola tiene una viabilidad alta ya que permite tener un mayor control sobre cada uno de los pasos que se deben seguir en un cultivo, brindando la posibilidad de agilizar el proceso de germinación y expansión de forma acelerada del follaje de las plantas a las cuales ha sido aplicada.

Adicional a esto al ser un mecanismo que se alimenta energéticamente de panes solares, afecta de forma positiva al medio ambiente, sin generar sobre costos para las personas que lo implementen y con la gran ventaja que es un recurso renovable- inagotable.

Referencias Bibliográfica

Almansa E, E. M. (2007). *Sistema Híbrido de iluminación para el desarrollo de plantas.*

- Arias, F. (2006). *El proyecto de Investigación*. Caracas: Episteme, C.A.
- Astolfi, S., & C. Marianello, S. G. (2012). Preliminary Investigation of LED Lighting as Growth Light for Seedlings from Different Tree Species in Growth Chambers. En S. Astolfi, & S. G. C. Marianello, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* (págs. 31-38).
- Bergman, R. (2001). *Métodos de Crecimiento Para la Marihuana en Interior*.
- Best, G. (24 de 10 de 2000). Energía solar para el desarrollo rural. (E. Yeves, Entrevistador)
- Bouza P, Q., & Álvarez A, M. (2012). *Efectos de las ondas electromagnéticas en la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas*. Galicia: Tecnopole.
- Campen, B. v., Guidi, D., & Best, G. (2000). *Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural sostenibles*. Roma: FAO.
- Campoy Aranda, T., & Gomes Araújo, E. (2009). *Técnicas e instrumentos cualitativos de recogida de datos*. EOS.
- Carrasco R, L. (2005). *Efecto de la radiación ultravioleta-b en plantas*.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (2010). Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de la agricultura y del recurso hídrico en los Andes de Colombia, Ecuador y Perú. Cali, Palmira, Colombia.
- Chen L, J. (14 de Julio de 2016). La influencia de la luz en el crecimiento del cultivo. *PROMIX*.
- Cruz, P., Espinoza, G., Gamboa, I., & Segura, N. (2003). *Influencia del tipo de luz en plántulas de frijol (Phaseolus vulgaris)*. Argentina.
- Folta, K. (2004). Green light stimulates early stem elongation, antagonizing light-mediated growth inhibition. En K. Folta, *Plant Physiology* (págs. 1407-1416).
- Gallego, J. T. (2007). Autoflorecientes en interior.
- Geyer, M. (2002). Producción termosolar de energía eléctrica. Progreso de los proyectos internacionales. *Dianelt*, 30-36.
- Hendrik, T. (30 de Septiembre de 2014). Diseño mecánico y térmico avanzado para mejorar el crecimiento de las plantas. *Revista Española de Electrónica*.
- Johkan, M., & K. Shoji, F. G. (2012). Effect of green light wavelength and intensity on photomorphogenesis and photosynthesis in *Lactuca sativa*. En M. Johkan, & F. G. K. Shoji, *Environmental and Experimental Botany* (págs. 128-133).
- Llopis, G. (s.f.). Implementación de sistemas de Ahorro de Energía; Instalaciones Solar-Geotérmica en invernaderos. *Era Solar*.

- López M, A. (2015). Efecto de la luz led de alta intensidad sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de brócoli. *Polibotanica*.
- Mac. (2001). El cultivo interior con leds.
- Macías P, A. M., & Andrade, J. (2010). *Estudio de generación eléctrica bajo escenario de cambio climático*.
- Mahecha, O. (2005). *La aplicación de campos magnéticos favorece el crecimiento de las plantas leguminosas*.
- Malagamba S, P. (2003). *Luces LED, una alternativa eficiente para optimizar la producción en invernaderos*.
- Malagamba S, P. (2004). Luces LED, una alternativa eficiente para optimizar la producción en invernaderos.
- Malagamba S, P. (2015). Luces LED, una alternativa eficiente para optimizar la producción en invernaderos. *Agricultures, Red de Especialistas en Agricultura*.
- Moreno, M. (1996). *Análisis físico y biológico de semillas agrícolas*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Najera C, F., & Bermejo V, B. (1999). Efecto de la intensidad de luz sobre el crecimiento en altura y producción de materia seca en plántulas. *Recursos Genéticos Forestales. Universidad Veracruzana, 1(2)*, 25-30.
- Navarro P, V. (2013). *Análisis de la utilización de luz emitida por lámparas de diodo (LEDs) en la producción invitro para la obtención de semilla prebásica de Solanum tuberosum*. Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina.
- News, L. (2003). *Claves de la Iluminación LED para cultivos interior LED*.
- Nigel, P., Fereres, A., & Martínez A, J. (s.f.). *La luz ultravioleta, una nueva herramienta para la horticultura*.
- Parella Stracuzzi, S., & Martins, F. (2012). *Metodología de la investigación cualitativa /por Santa Parella Stracuzzi y Feliberto Martins*. Caracas: Fedupel.
- Pinho, P., & K. Jokinen, & L. (2012). Horticultural lighting – present and future challenges. *Lighting Research & Technology, 427-437*.
- Prieto A, A., & Cruz G, A. (2008). INFLUENCIA DE LA INTENSIDAD LUMINOSA SOBRE EL CRECIMIENTO DE DOS CEPAS DE *Dunaliella salina* AISLADAS DE SALINAS VENEZOLANAS. *Tecnociencia, 10(1)*.
- Ramos G, Y. F. (2005). *Diseño e implementación de un sistema de control para maximizar la capacidad productiva de las plantas en granjas verticales por medio de luz artificial*.

- REVISTA HYDRO ENVIRONMENT S.A. (2010). *Innovación agrícola en un click*. Obtenido de http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=221
- Revista Ilumitet. (1 de 10 de 2013). *Revista de iluminación On Line*. Obtenido de <http://www.iluminet.com/leds-grow/>
- Rodriguez M, N., & Lazo, J. V. (2008). *Efecto de la intensidad de luz sobre el crecimiento del corocillo*. Instituto de Botánica.
- Sabino, C. (1992). *El proceso de Investigación*. Caracas: Panapo.
- smartLIGHTING. (2004). La tecnología de iluminación LED genera un tipo de luz óptima para el crecimiento de las plantas. *smartLIGHTING*.
- Tamayo, M. T. (2003). *El proceso de la investigación científica*. Mexico: Limusa S.A.
- Villalobos. (2002). EFECTO DE LA RADIACION SOBRE LAS PLANTAS. *Urbano*.
- Y., D., & S. He, J. T. (2010). Effects of a new light source (cold cathode fluorescent lamps) on the growth of tree peony plantlets in vitro. En D. Y., & J. T. S. He, *Scientia Horticulturae* (págs. 167-169).

Anexos

1. DETALLE GASTOS DE PERSONAL											
Nombre del participante	Nivel de formación	Rol en el proyecto	Horas semanales dedicadas al proyecto	N° de meses	Valor / Hora	ENTIDADES					
						Recursos Propios		Uniminuto		TOTAL	
						Recursos Especie	Recursos Efectivo	Recursos Especie	Recursos Efectivo	Recursos Especie	Recursos Efectivo
Fredy Alfonso	Maestría	Tutor	1	12	57.417			5.511.996		5.511.996	
Ingrid Tatiana Fandiño	Pregrado	Inv.Principal	1	12	12.510	1.200.996				1.200.996	
Wilmer Guerrero Triana	Pregrado	Inv.Principal	1	12	12.510	1.200.996				1.200.996	
Leidy Julieth Hurtado	Pregrado	Inv.Principal	1	12	12.510	1.200.996				1.200.996	
TOTAL GASTOS DE PERSONAL						3.602.988		5.511.996		9.114.984	

2. DETALLE EQUIPO PROPIO USO										
Descripción del servicio equipos propio uso	Cantidad	Valor unitario	Justificación	ENTIDADES						
				Recursos Propios		Uniminuto		TOTAL		
				Recursos Especie	Recursos Efectivo	Recursos Especie	Recursos Efectivo	Recursos Especie	Recursos Efectivo	
Computador Vaio	1	1.080.000	Equipo necesario para recopilación de información.	1.080.000					1.080.000	
Computador Hacer	1	935.000	Equipo necesario para recopilación de información.	935.000					935.000	
TOTAL SERVICIOS EQUIPOS PROPIO USO				2.015.000					2.015.000	

3. DETALLE SOFTWARE										
Descripción del servicio software	Cantidad	Valor unitario	Justificación	ENTIDADES						
				Recursos Propios		Uniminuto		TOTAL		
				Recursos Especie	Recursos Efectivo	Recursos Especie	Recursos Efectivo	Recursos Especie	Recursos Efectivo	
Ofice	1	170.999	Programas necesarios para el análisis de los datos.	170.999					170.999	
Skepchap	1	85.500	Programa para graficar el prototipo.	85.500					85.500	
SQL	1	0	Programa para ingreso y análisis de datos.	0					0	
TOTAL SERVICIOS SOFTWARE				256.499					256.499	

4. DETALLE PUBLICACIONES Y PATENTES									
Descripción del servicio publicaciones y patentes	Cantidad	Valor unitario	Justificación	ENTIDADES					
				Recursos Propios		Uniminuto		TOTAL	
				Recursos Especie	Recursos Efectivo	Recursos Especie	Recursos Efectivo	Recursos Especie	Recursos Efectivo
Traducción	1	13.000	Requerida para la presentación del artículo		13.000				13.000
Corrección de estilo	1	25.000	Requerida para la presentación del artículo		25.000				25.000
TOTAL SERVICIOS PUBLICACIONES Y PATENTES					38.000				38.000

7. DETALLE MATERIALES									
Descripción del artículo	Cantidad	Valor Unitario	Justificación	ENTIDADES					
				Recursos Propios		Uniminuto		TOTAL	
				Recursos Especie	Recursos Efectivo	Recursos Especie	Recursos Efectivo	Recursos Especie	Recursos Efectivo
Panel solar 40w	1	120.000	Proporciona la energía requerida por el circuito		120.000				120.000
Bateria 12v/ 12A	1	70.000	Almacena la energía que proporciona el panel.		70.000				70.000
Controlador 10A	1	80.000	Controla el paso de energía que alimenta a los Led.		80.000				80.000
Led Azul	3	3.000	Productores de luz ultravioleta necesaria.		9.000				9.000
Led Rojos	6	3.000	Productores de luz infrarroja necesaria.		18.000				18.000
Resistencia	9	500	No permite que los bombillos Led se quemen.		4.500				4.500
Cable	4	6.000	Conector entre el circuito eléctrico		24.000				24.000
Conectores de altura	2	2.000	conector de instalación.		4.000				4.000
Plastico de invernadero	4	3.750	Proporciona aislamiento de las plantas en estudio.		15.000				15.000
Papel aluminio	4	1.800	Recubrir el interior del prototipo		7.200				7.200
Termo-encogible, Estaño	4	1.000	Aislantes y puntos de soldadura.		4.000				4.000
Listones de madera	9	3.000	Proporcionan soporte de estructura.		27.000				27.000
Abono	5	6.000	Requerido para proporcionar nutrientes a las plantas.				30.000		30.000
Tierra Negra	20	1.890	Requerido para proporcionar cama a las semillas.				37.800		37.800
Cajones de madera	2		Requerido para contener el crecimiento de las plantas.				-		-
Cascarilla de arroz	3	4.900	Requerido para proporcionar nutrientes y humedad a las				14.700		14.700
TOTAL GASTOS GENERALES					382.700	0	82.500	0	465.200