



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

FOTOCULTIVO AUTOMATIZADO

Tercer Congreso Estudiantil de Investigación del Sistema Incorporado 2015

Colegio Franco Inglés, AC



Asesoras:

Gutiérrez Torres Aurora del Pilar

Mendoza Treviño Adriana

ÁREA: **De CONVERGENCIA**

DISCIPLINA: **BIOLOGÍA**

TIPO DE INVESTIGACIÓN: **DESARROLLO TECNOLÓGICO.**

MARZO del 2015.

RESUMEN:

El objetivo principal de este proyecto es fomentar el crecimiento y desarrollo de algunas hortalizas bajo ciertas condiciones de iluminación (irradiancia) en tres bandas espectrales, para lo cual se ha construido un invernadero automatizado de acrílico de 1 m³ dividido en tres secciones, plantando en cada sección 9 hortalizas. En la parte superior de cada una de las secciones se colocaron fuentes de luz artificial monocromática de LEDS, rojo, azul y violeta y filtros espectrales y una fuente de alimentación continua de nutrimentos hidropónicos y con control de temperatura y humedad del suelo. La irradiancia sobre las hortalizas ha sido medida cuidadosamente a través de un radiómetro de germanio construido para este proyecto de respuesta lineal con sensibilidad a longitudes de onda de la luz visible y cercano infrarrojo. La motivación de este proyecto es la de fomentar la agricultura a pequeña escala como complemento a satisfacer las necesidades de las familias, aunque puede expandirse a mayor escala.

Palabras Clave:

Irradiancia, radiómetro, bandas espectrales, monocromática

ABSTRACT:

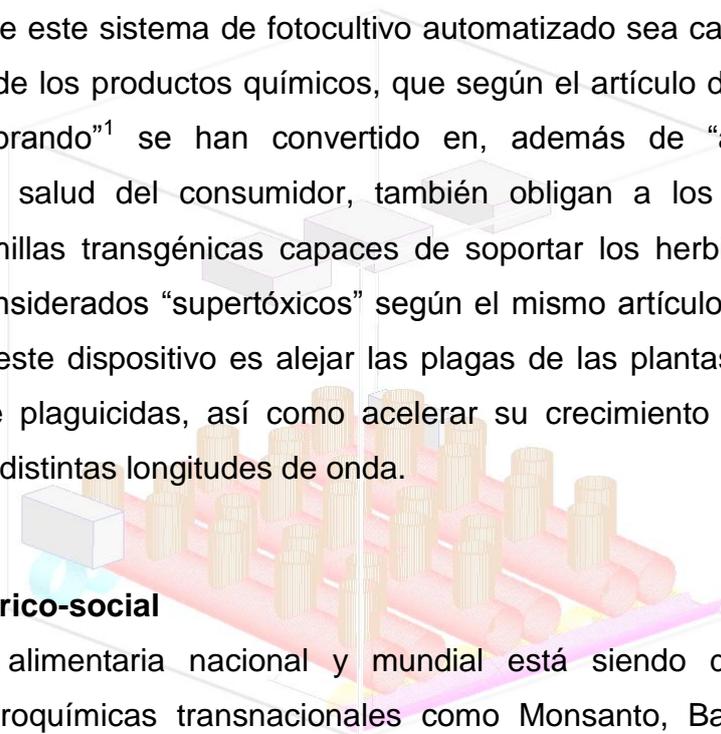
The main objective of this project is to foster the growth and development of some vegetables under certain lighting conditions (irradiance) in three spectral bands, for which an automatic acrylic greenhouse was built, 1 m³ divided into three sections, planting in each section 9 vegetables. At the top of each of the sections, artificial sources of monochromatic light LED, red, blue and violet spectral filters and a continuous power supply of hydroponic nutrients and controlled temperature and soil moisture were placed. The irradiance was measured carefully through a germanium radiometer, built for this project, sensitive linear response to the wavelengths of visible and near infrared light. The motivation of this project is to promote small-scale agriculture in addition to meeting the needs of families, but can be expanded to larger scale.

Key Words: Irradiance, radiometer, Spectral Bands, monochromatic

Planteamiento del Problema:

Debido a que en algunas comunidades de la población mexicana existe una inestable producción de alimento, provocada por eventos como la contaminación ambiental, la degradación y pérdida de suelos, así como el calentamiento global, se pretende utilizar tecnología de punta a bajo costo, fabricando un invernadero automatizado para estudiar el crecimiento que tendrán ciertas hortalizas, cuando son iluminadas de manera artificial y controladas con luces de diferentes longitudes de onda creando ambientes de iluminación distintos al natural que posiblemente aceleren el crecimiento y la producción de éstas.

Se espera que este sistema de fotocultivo automatizado sea capaz de sustituir la utilización de los productos químicos, que según el artículo de Silvia Ribeiro “Seguir sembrando”¹ se han convertido en, además de “alimentos” que perjudican la salud del consumidor, también obligan a los campesinos a consumir semillas transgénicas capaces de soportar los herbicidas (que por cierto son considerados “supertóxicos” según el mismo artículo). Por lo que la intención de este dispositivo es alejar las plagas de las plantas cultivadas sin necesidad de plaguicidas, así como acelerar su crecimiento a través de la utilización de distintas longitudes de onda.



Sustento teórico-social

La industria alimentaria nacional y mundial está siendo desplazada por empresas agroquímicas transnacionales como Monsanto, Bayer, Syngenta, Pioneer y Dow Agrosience quienes cada día se hacen de un mayor control de la agricultura del mundo, y en particular al maíz, y a través de la promoción de variedades de semillas modificadas genéticamente, conocidas como transgénicas¹.

Para muchos países su seguridad nacional queda comprometida al perder la capacidad de auto alimentar a su población al recurrir a prácticas de mercado donde las semillas transgénicas generan la dependencia de su productor. Este sector productivo hace perder a los Estados parte de su poder de autodeterminación soberanía alimentaria al depender de la adquisición de

semillas para la producción de alimentos. Si bien en un principio los precios parecen bajos, su ficticia escases o cualquier mínima modificación puede hacer que estos suban su precio en el mercado permitiéndoles constituirse en un meta poder capaz de gobernar.

Entre las características de estas semillas es que son estériles, por lo que su generación sólo se da en laboratorios; no como el resto de las plantas que son fecundadas naturalmente por insectos, aves o por la acción de agentes naturales como el viento.

La aparición de este tipo de semillas genéticamente modificadas no se plantea en el contexto de una lucha mundial contra el hambre o de incrementar la productividad del campo, el cual en muchos países se ha abandonado derivado de los estratosféricos subsidios que los países desarrollados otorgan a sus campesinos, y ante los cuales los países subdesarrollados o en vías de desarrollo poco o nada pueden hacer. Esta es una expresión de lo que algunos han dado en llamar imperialismo del mercado.

A lo que se enfoca este proyecto, no solo es buscar una forma de alimentar a la población y una forma de alteración natural no genética para la sobreproducción de estos, sino también de concientizar a la población para alimentarse de una forma sana (sin alimentos genéticamente alterados), ser autodidactas y no necesitar de la compra de alimentos cuando uno mismo puede producirlos sin gastar dinero

Por lo tanto este proyecto tiene la intención de mejorar no solo la salud y buena alimentación, también para generar un gran sustento económico y bajos gastos en la economía familiar.

Hipótesis:

Con este proyecto se espera estimular el crecimiento, desarrollo y producción de hortalizas utilizando 3 luces de diferentes bandas espectrales. De la iluminación azul se espera un acelerado y prolifero crecimiento en las hojas, con la roja, en tallos y raíces; y la iluminación violeta al ser una combinación de los colores rojo y azul, esperamos un desarrollo uniforme en la planta.

Justificación:

En la fase luminosa se lleva a cabo la producción de energía fotoquímica, esta es tomada de los fotones irradiados del Sol. Esta fase se lleva a cabo en la membrana del tilacoides, donde los pigmentos absorben la luz. Existen tres tipos de pigmentos: clorofila "A", clorofila "B" y carotenoides; la mayor parte de los pigmentos de la planta empleada en este sistema pertenecen a la clorofila "A". Los pigmentos de clorofila A absorben luz azul-violeta y roja, la clorofila B, azul-verde.

En nuestro proyecto se han escogido fuentes de luz de estado sólido, como los LEDs. Los LEDs como fuente luz, está constituida por una juntura PN de semiconductores construidos con Si dopado, en donde los electrones son acelerados por un campo eléctrico ganando energía adicional que al cruzar la barrera la pierden en forma de fotones. Entre mayor es la brecha en la juntura, es menor la longitud de onda, es decir, se produce un fotón de alta energía y viceversa. Este proceso de emisión de luz supera por mucho la eficiencia de emisión de luz, i.e. foco incandescente o de vapor de Hg u otras fuentes.

OBJETIVO GENERAL:

Diseñar y armar un sistema de cultivo automatizado con tecnología de iluminación multicromática de bajo costo capaz de crear una plataforma experimental idónea para realizar investigación sobre el desarrollo de hortalizas, en donde se mantengan constantes la temperatura, humedad y pH, variando la iluminación, en contraste con hortalizas al aire libre que sufren los cambios mencionados.

Objetivos específicos:

Fase 1:

-Construir prototipo en donde se recreen las condiciones óptimas necesarias para el crecimiento, desarrollo de las plantas.

-Observar estadísticamente el crecimiento y desarrollo de la plantas cuando son iluminadas con fuentes de luz artificial y de manera natural con filtros de diferente color

-Controlar variables físicas, biológicas y químicas del sistema en estudio.

-Encontrar una alternativa a los productos transgénicos para estimular el crecimiento y desarrollo de las hortalizas.

Fase 2:

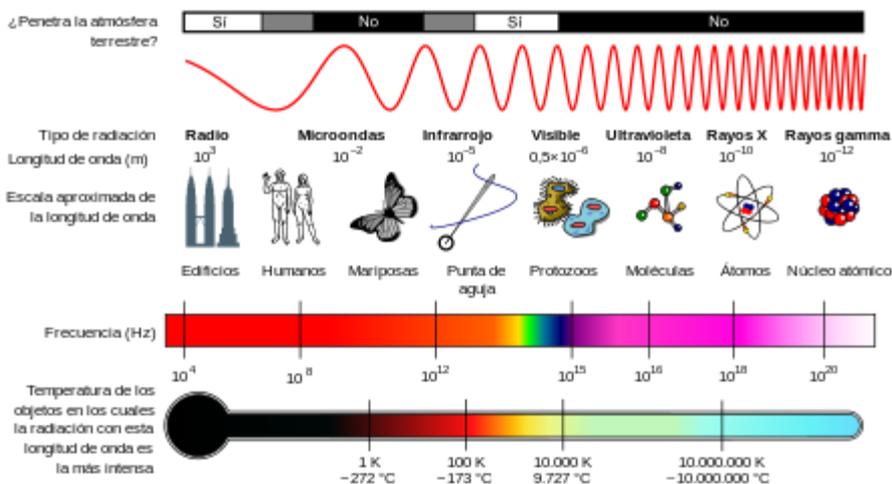
-Automatizar el sistema: control de la temperatura , monitoreo de la humedad y pH del suelo, facilitar el riego hidropónico de las plantas.

FUNDAMENTACIÓN

La vida sobre la Tierra depende de la transferencia de energía solar, ésta llega a nuestro planeta atravesando el espacio vacío. Esta forma de transferencia de energía por medio de ondas electromagnéticas es la radiación. La radiación se refiere a la emisión de energía desde la superficie de cualquier cuerpo. Esta energía se denomina radiante y es transportada por ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de la luz, aproximadamente a 300 000 km/s. Las ondas electromagnéticas son ondas transversales de diferentes frecuencias y longitudes que componen el espectro electromagnético.



El espectro electromagnético está dividido de acuerdo a su longitud de onda o a su frecuencia, abarca desde los energéticos rayos gamma (con una longitud de onda del orden de picómetros, $(1/10^{12} \text{ m})$ hasta las ondas de radio (longitudes de onda del orden de varios kilómetros) pasando por la luz visible cuya longitud de onda está en el intervalo de 400 nanómetros (nm) hasta los 700 nm. Las longitudes de onda para la luz visible son: violeta, 450nm; azul, 480 nm; verde, 520 nm; amarillo, 580 nm; anaranjado, 600 nm; y el rojo, 640 nm. (8).



	Azul	Verde	Rojo	Infrarrojo
Longitud de onda (nm)	450 – 500	500 – 550	650 – 700	960 - 1100
Frecuencia (Hz)	6.5×10^{14}	5.36×10^{14}	6.5×10^{14}	4.76×10^{14}

Todos los cuerpos, por el simple hecho de estar a cierta temperatura, emiten energía electromagnética con un espectro característico. Los objetos de nuestro entorno están a una temperatura demasiado baja para que podamos percibir la radiación que emiten. En otros casos, la temperatura es suficientemente alta para que la emisión se produzca en longitudes de onda visibles, como ocurre con un trozo de hierro al rojo vivo. A cada temperatura emitiría una cantidad definida de energía por cada longitud de onda. Teóricamente, la tasa a la cual un objeto irradia energía es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta o kelvin, T.

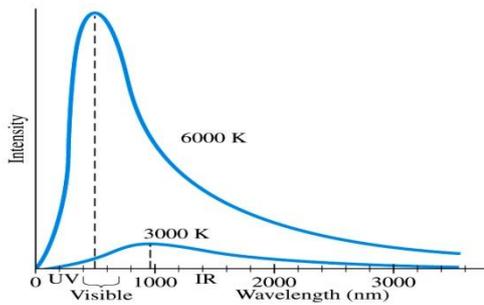
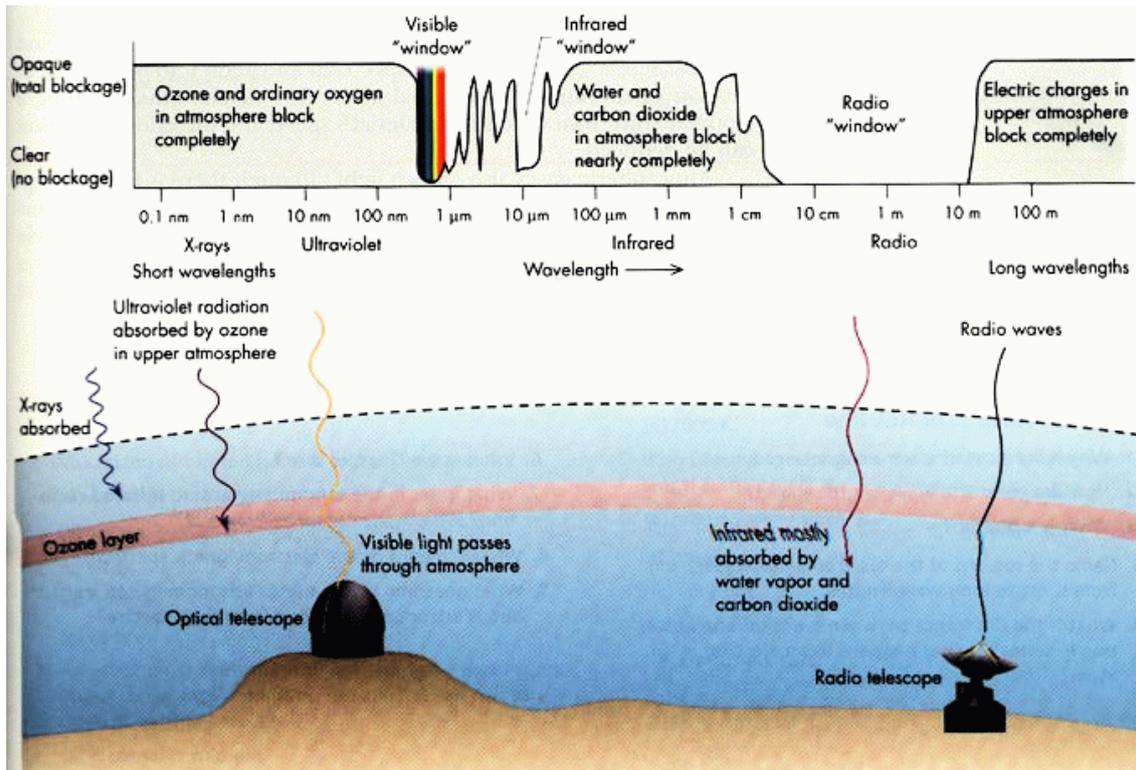


Figura 1. Espectro de frecuencias emitido por un cuerpo negro en 2 temperaturas

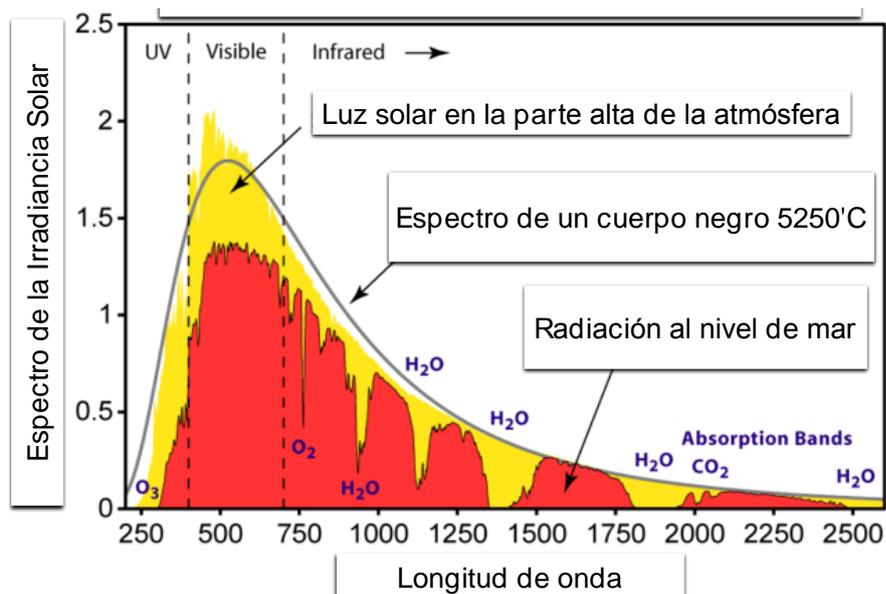
La radiación emitida por el Sol, la Tierra o algún otro cuerpo no es sólo de una longitud de onda, ni todas las longitudes de onda se emiten en la misma proporción. El máximo de la longitud de onda que emite el Sol es a $0.5 \mu\text{m}$ ($1 \mu\text{m} = 1/10^6 \text{ m}$) que corresponde a 6000K , mientras que la Tierra emite en las $10 \mu\text{m}$ que corresponde a una temperatura de 290 K . Para cualquier cuerpo que radia, la máxima longitud de onda está dada por: $\lambda_{\text{max}} = 2900/T$, donde: λ_{max} es la longitud de onda radiada a su máxima intensidad dada en μm . Esta ecuación establece que los objetos más calientes tienen una energía radiante de longitudes de onda más cortas que la de los objetos fríos.

La radiación que recibimos del Sol siempre es constante, su intensidad varía a mayores distancias. Para calcular la constante solar, se considera a la potencia del Sol de 3.865×10^{26} watts y el área de la supuesta esfera que lo rodea tiene un radio de $1.5 \times 10^{11} \text{ m}$ (distancia del Sol a la Tierra) por lo que $I = P/A = P/4\pi r^2 = 1367 \text{ W/m}^2$. La atmósfera terrestre puede absorber hasta un 70% de esta energía antes de que llegue al suelo, dependiendo de la cubierta de las nubes, cristales, partículas suspendidas, humaredas, vapor de agua, bióxido de carbono, etc. En un día claro, inciden a la superficie unos 1000 W/m^2 . (4), esto es consecuencia a que la atmósfera no es transparente para todas las longitudes de onda debido a la absorción selectiva de algunas moléculas de vapor de agua y de bióxido de carbono, principalmente. La atmósfera es completamente opaca a longitudes de onda menores a $0.3 \mu\text{m}$ y relativamente transparente a $0.9 \mu\text{m}$. La absorción por parte del vapor de agua y del CO_2 sucede en ciertas bandas de longitudes de onda, y entre ellas, existen las llamadas “ventanas atmosféricas.”(7). En el infrarrojo, el fenómeno de absorción es muy notorio y la atmósfera no permite que todas las longitudes de onda de esta banda lleguen a la superficie terrestre. Estas características

varían con el tiempo y lugar, al cambiar las concentraciones de las diversas moléculas, en particular del vapor de agua.



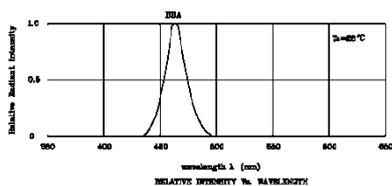
La energía de la radiación solar que se recibe en una superficie determinada en un instante dado se denomina Irradiancia y se mide en unidades de W/m^2 . La irradiancia es un valor distinto para cada instante, esto se debe al movimiento de rotación de la tierra (movimiento sobre su propio eje). Cuando es de noche, se tiene una irradiancia de 0 Watts por metro cuadrado (W/m^2), porque simplemente a esa parte de la Tierra el sol no la puede "ver". La irradiancia es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética (Figura 4).



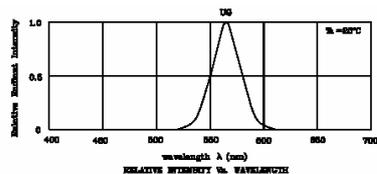
A aquella partícula de luz que se propaga en el vacío se llama fotón, es responsable de las manifestaciones cuánticas del fenómeno electromagnético ya que es la portadora de todas las formas de radiación electromagnética, por ejemplo: rayos gamma, rayos x, luz ultravioleta, luz infrarroja, ondas de radio, ondas de microondas, entre otras.

El fotón viaja a través del vacío a una velocidad constante, pero al presentarse ciertas propiedades corpusculares y ondulatorias el fotón se comporta como una onda en fenómenos como la refracción de un lente y a la vez como una partícula, cuando interactúa con la materia para transferir una cantidad fija de energía.

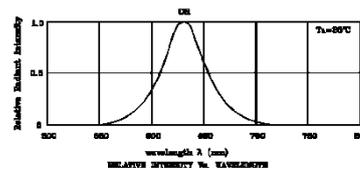
Otras fuentes de iluminación son los LEDs (Light Emitting Diode) es decir diodos emisores de luz. Un LED es un dispositivo semiconductor que emite luz casi monocromática cuando se polariza directamente por la que circula una corriente eléctrica. Un diodo es una unidad formada por materiales semiconductores capaces de producir, mediante una unión p-n, una barrera de potencial o voltaje



LED Azul



LED Verde



LED Rojo

Efectos de la luz en las plantas

La fotosíntesis es la transformación de energía luminosa en energía química. Éste proceso se lleva a cabo en los cloroplastos, los cuales están constituidos por una doble membrana que rodea a un líquido llamado estroma. Un sistema de membrana en el estroma forma sacos aplanados, es decir los tilacoides, que se agrupan en forma de granas. El proceso de fotosíntesis se lleva a cabo en dos fases: luminosa y oscura. La fase luminosa es la primera etapa de la fotosíntesis, y se lleva a cabo precisamente en el tilacoides. En esas membranas se encuentra el cuantosoma, el cual se compone de dos fotosistemas y una cadena transportadora de electrones. Los fotosistemas a su vez se componen del complejo antena, y el p700 o p 680 (los cuales contienen clorofila). El complejo antena se encarga de recibir los fotones, mientras que P680 y P700 se encargan de liberar electrones.

El proceso comienza con la foto excitación de la clorofila. Los fotones cruzan el complejo antena de ambos fotosistemas, hasta ser transmitidos al centro de reacción (P680 o P700), el cual libera 2 electrones y éstos pasan a través de la cadena transportadora de electrones.

La segunda fase es la Foto reducción de NADP. En esta fase los electrones producidos por los fotosistemas se unen con el compuesto NADP, que al aceptar un electrón se reduce formando NADPH.

La tercera fase es la fotólisis del agua. El enlace del H₂O (la cual llegó a la planta mediante la raíz), se rompe, liberando así dos protones, media molécula

de oxígeno, y electrones. Los electrones que vienen de la molécula del agua, reemplazan a los electrones previamente liberados por el fotosistema 2.

La cuarta fase es la fosforilación de ADP. Donde el ADP forma ATP debido a los protones bombeados por el CB6F (parte de la cadena transportadora de electrones). Posteriormente se da la fase oscura o mejor conocida como ciclo de Calvin en donde el ATP y el NADPH formados durante la primera etapa se usan para reducir el dióxido de carbono a un glúcido sencillo. La energía química, temporalmente almacenada en las moléculas de ATP y NADPH, se transfiere a moléculas diseñadas para el transporte y el almacenaje en las células del cuerpo de la planta. Al paso del tiempo, se forma una cadena carbonada con la cual pueden fabricarse otros compuestos orgánicos necesarios. Esta incorporación de dióxido de carbono en forma de materia orgánica, se denomina fijación del carbono, y se produce en el estroma del cloroplasto.

Para que la energía solar sea absorbida por organismos fotosintéticos, son necesarios los pigmentos; los cuales absorben fotones de cierta longitud de onda.

Las plantas poseen tres pigmentos encargados de absorber cierta longitud de onda. Los pigmentos que se encuentran en las plantas son: clorofila a, clorofila b, y carotenoides.

Cuando un pigmento absorbe un fotón, un electrón del pigmento es lanzado a un nivel energético más alto, es decir se excita (Curtis et al., 2000). Esto puede tener tres resultados: energía como calor; energía lumínica; y energía que provoca reacciones químicas. En el caso de las clorofilas, la energía provoca una reacción química, liberando electrones en el fotosistema.

Las clorofilas a y b absorben las luces violeta, azul y roja con mayor intensidad. Mientras que los carotenoides absorben longitudes de onda verde y azul (Audesirk et al., 2008)(Figura2). La luz azul ayuda al crecimiento de las hojas y favorece el lugar donde se siembra la semilla. La luz roja ayuda a la germinación de las semillas, a que la planta brote y florezca. Después de la germinación, la luz roja y azul ayuda al crecimiento de las plantas. La luz

violeta ayuda a controlar la temperatura sobre el cultivo y que se desarrollen adecuadamente.(Figura 3)

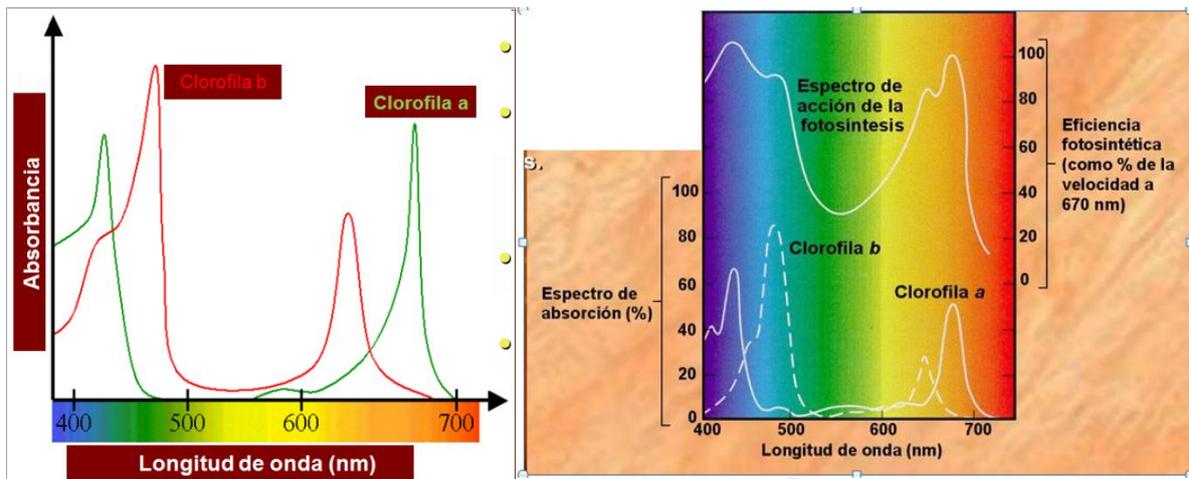


Figura 2

Figura 3

MÉTODO:

Las variables:

Las variables que registramos es la cantidad de irradiancia, medida en Watts/m², la longitud de los tallos y hojas, así como el número de hojas.

Las variables analizadas para el crecimiento fueron: altura (se determina con una regla desde la base del tallo) y número de hojas; los muestreos fueron semanalmente

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN:

Construir un invernadero automatizado de acrílico de 1 m³ dividido en tres secciones, plantando en cada sección 9 hortalizas. En la parte superior de cada una de las secciones colocar una hilera de focos LEDS. En la primera, la iluminación será de color rojo, en la segunda de color azul y en la tercera se violeta. Simultáneamente se hará un monitoreo de la temperatura, humedad y pH por medio de sensores, procurando que éstas sean constantes. El riego se llevara a cabo con características hidropónicas manteniendo un flujo constante por medio de una pequeña bomba que recircula y renueva los

líquidos con nutrientes. Todo lo anterior se comparara con un sistema "testigo" con iluminación solar.

Para la construcción del invernadero se tenían 4 láminas de acrílico de 1 m², las cuales fueron unidas por ángulos metálicos y remaches.. de LED que se encargaran de iluminar cada sección.

Dentro del prototipo de invernadero se plantaron hortalizas de acelga como ejemplares. En la parte superior del sistema fue colocado un tubo para soportar 3 lámparas Se instalaron focos LED junto con un timer para controlar que las plantas tengan 8 horas de oscuridad y 16 hrs de iluminación y así puedan llevar a cabo tanto como la fase oscura como la luminosa de la fotosíntesis; También como tapa del sistema se colocaron filtros de tres colores distintos con el propósito de comparar y estimular el crecimiento de las tres secciones de plantas (a cada una le corresponde un color distinto) cuando la luz artificial es manipulada y con longitudes de onda distintas. Dentro de este sistema se estarán midiendo la temperatura, humedad y pH de manera que estas siempre sean constantes y adecuadas para beneficio de las plantas.

Como soporte de las macetas se utilizaron tubos de PVC de 4 pulgadas con orificios de 10 cm cada uno para colocar adentro de cada orificio una botella de PET con la planta utilizando agrolita, peat moss y tezontle. Los tubos PVC se sostienen con soportes del mismo material a los extremos de cada tubo dando diferentes alturas para conseguir una inclinación adecuada y que la planta tenga una circulación de agua a través de los tubos. Esto se realizara colocando una canaleta en donde desembocara el agua de los tubos y con una bomba subirá al tanque otra vez y así una circulación continua del agua a través de los tubos y un depósito para reciclar el agua con la solución preparada para que crezcan sanas.

Cultivo y trasplante de hortalizas

En un semillero se colocó una mezcla de sustratos en una proporción 1:1 de agrolita y peat moss, se introdujo un par de semillas de acelga (*Beta vulgaris*) en cada cavidad realizada previamente con una profundidad de 2.5 a 3 cm aproximadamente (falange del dedo meñique), se cubrió la semilla con mezcla

de sustratos formando un pequeño relieve en la parte superior. Y en los próximos días, la planta fue colocada en un lugar cálido (en donde incidían los rayos del sol) e hidratada durante las mañanas. Resultando así, después de 5 días, la germinación de las mismas. Una vez dada la germinación, durante 3 días fueron sometidas a luz infrarroja en periodos intermitentes, debido a que en esos días el clima no era propicio. Actualmente la planta continúa en desarrollo. Una vez logrado el crecimiento ideal de las plantas, estas serán trasplantadas al sistema.

Cuando las plantas tengan tres pares de hojas verdaderas, pasarán del semillero al sistema hidropónico, a sus macetas, donde cada planta tendrá una mezcla de sustratos en una proporción 1.5:1 de agrolita y tezontle, estas plantas serán hidratadas a diario con una solución hidropónica comercial preparada (Hydrosol), manteniendo así la humedad del sistema, la temperatura y el pH para el crecimiento de las hortalizas. Las macetas se etiquetaron debidamente para hacer la estadística correspondiente.

Radiómetro, construcción, diseño y medición

La irradiancia es medida a través de un radiómetro diseñado y construido por medio de un fotodiodo de germanio de banda ancha con respuesta plana. Este es sensible a todo el espectro visible y cercano infrarrojo. Este radiómetro construido exprofeso para este estudio, fue maquinado en plástico Nylamid (plástico negro) y se insertó un filtro neutro con 70% de transmisión para proteger al detector de los rayos directos del sol, así como para garantizar su linealidad en un gran intervalo (1 a 2000). Una calibración preliminar fue la de considerar la irradiancia solar en un día muy despejado del invierno de Cuajimalpa D.F. que se estima de 800 watts/m^2 , aproximadamente. El radiómetro dio una lectura de 200 Micro Amperes (μA) por lo que se ha considerado que su sensibilidad es de $800/200 = 4 \text{ W/m}^2$ por cada μA registrado en el multímetro. Se utilizó un conector de tipo BNC para mejorar la conexión y medir la corriente de salida.

Se seleccionó una fuente de luz de estado sólido, como los LEDs; que está constituida por una juntura PN de semiconductores construidos con Si dopado, en donde los electrones son acelerados por un campo eléctrico ganando

energía adicional que al cruzar la barrera la pierden en forma de fotones. Entre mayor es la brecha en la juntura, es menor la longitud de onda, es decir, se produce un fotón de alta energía y viceversa. Este proceso de emisión de luz supera por mucho la eficiencia de emisión de luz, i.e. foco incandescente o de vapor de Hg u otras fuentes.

RESULTADOS:

1. Se cumplió el primer objetivo; el de diseñar y armar un sistema hidropónico automatizado con iluminación en tres bandas espectrales, donde se mantiene constantes la temperatura del invernadero y el pH de la sustancia hidropónica de riego.

2. Se diseñó y construyó un instrumento Radiómetro para medir la radiancia solar y de las lámparas Leds.

3. Se tomaron medidas de la cantidad de luz que reciben las acelgas. Los resultados de irradiancia obtenidos fueron los siguientes: fuera del invernadero, al apuntar el radiómetro de manera directa al sol, la irradiancia fue de un mínimo de 284 W/m^2 ($71 \mu\text{A}$) y un máximo 744 W/m^2 ($186 \mu\text{A}$); y al medirla indirectamente, fue de un mínimo de 132.4 W/m^2 ($33.1 \mu\text{A}$) y un máximo 160 W/m^2 ($40 \mu\text{A}$). Dentro del invernadero la radiación solar fue de un mínimo de 82.4 W/m^2 ($20.7 \mu\text{A}$) y un máximo de 140 W/m^2 ($35 \mu\text{A}$); cuando el invernadero es iluminado con leds rojos, el intervalo es de $(45.6-128) \text{ W/m}^2$; con leds azules: $(48.5- 204) \text{ W/m}^2$



Figura: a) Medición de irradiancia, b) Toma de datos

4. Se colocaron las semillas en un semillero para observar estadísticamente su crecimiento cuando se iluminaron con fuentes de luz artificial.

5. Con la iluminación de luz roja se indujo a la germinación de las semillas con irradiancia de aproximadamente 70 W/m^2 .

6. Diseño y construcción del invernadero:



a)



b)



c)



a) Construcción del Invernadero b) Iluminación del Invernadero c) d) Soportes para los maceteros

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tomando en cuenta la absorción de pigmentos fotosintéticos a diferentes longitudes de onda en un cultivo de acelga (*Beta vulgaris*), el crecimiento foliar se podría ver afectado, aumentando de tamaño o modificando la coloración significativamente.

La luz roja es la más efectiva para promover la germinación y la floración en plantas de día largo como la acelga, mientras que la luz azul, consigue su máximo punto de absorción y refleja el color característico de las plantas [Tomando y modificado de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola (EUITA) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) (24)]; por lo tanto, es probable que la acelga expuesta a luz azul tendrá el mismo tamaño que la planta control, la diferencia radicarán en la coloración de la hoja, siendo más oscura la hoja expuesta a luz azul que incluso la hoja del mismo cultivar bajo luz roja o habitual.

La fotosíntesis es una reacción endergónica, es decir, requiere energía. Ésta proviene de la luz del Sol, y es captada por la clorofila, que la transforma en energía química (25). En un semillero previo al recientemente utilizado, se cultivó acelga y después de 6 días, las primeras plántulas fueron expuestas a luz artificial en diferentes longitudes de onda (rojo, azul y violeta); siendo la luz roja la más efectiva para promover la germinación y crecimiento de las plantas. El semillero utilizado era hermético, permitiendo la conservación de las condiciones climáticas (calor y humedad) del microhábitat, pero al utilizar una fuente de luz artificial con un espectro de absorción distinto, ya germinadas las semillas, la temperatura del medio incrementó, y con ello el tamaño de las plántulas, sobre todo en la luz roja, pero después de unos días las plántulas murieron. Si bien es cierto que las plantas requieren energía en forma de luz, hay que regular la cantidad y mantener la humedad del cultivo.

En general, y considerando sólo la acción de la temperatura, las plantas tienen un desarrollo óptimo cuando las variaciones térmicas y los valores extremos de temperaturas no ejercen ningún efecto negativo sobre sus funciones. Siendo la

temperatura óptima entre los 25 y 28°C para la mayoría de las plantas, permitiéndole asegurar la velocidad potencial de crecimiento máximo. Aunque la temperatura no sólo influye en la velocidad de crecimiento, sino también en la germinación, transpiración, respiración, fotosíntesis, y absorción de agua y nutrientes [24].

En el cultivo de acelga del semillero reciente, se consideraron los resultados obtenidos en el semillero previo, permitiendo la aireación y retardando la aplicación de los tratamientos de luz artificial después del trasplante, y no de la germinación como se había realizado.

CONCLUSIONES:

Una de las principales problemáticas para el desarrollo del presente trabajo fue que las condiciones del clima donde se estableció el cultivo de las acelgas no es el mejor para el desarrollo éstas; el tiempo para su desarrollo es relativamente corto cuando se trabaja con cierto tipo de cultivos.

Este proyecto, demuestra cómo una actividad tan básica como es la alimentación, la cual es necesaria para la sobrevivencia de las especies, podría ser al mismo tiempo dañina para los mismos. Y esto depende de los cuidados que se le da a los alimentos desde que son simples semillas, y es increíble cómo interviene la ciencia en esto, desde la química, la física, biología hasta historia. En este proyecto se encuentra que todas estas ciencias resultan estar ligadas buscando un mismo objetivo: la salud de los consumidores.

Beneficios:

Este proyecto nos permitió abordar temas científicos y tecnológicos con realidad, nos permitió construir y conocer el radiómetro que mide la irradiancia en cuanto a su funcionalidad interna. Fue necesario abordar y conjuntar muy diversas disciplinas tecnológicas y científicas. Nos familiarizamos con la búsqueda de literatura y componentes, de lecturas especiales a través de Internet. Aprendimos a manejar algunas herramientas, a administrar el tiempo, Trabajamos de manera independiente para tener reuniones conjuntas donde pudiéramos informar de nuestros avances y compartir experiencias y aprendizajes.

Este tipo de proyectos multidisciplinario, nos facilita escoger áreas de trabajo según nuestras habilidades, vocaciones, o preferencias científicas, teóricas o experimentales.

Referencias:

1. ¹ Silvia Ribeiro. (2015). Seguir Sembrando. 2015-02-19, de La Jornada. Obtenido de: http://www.jornada.unam.mx/archivo_opinion/autor/front/68
2. Castillo J. (2014). Quien nos alimentara en 2050.
3. Obtenido de: <http://www.forbes.com.mx/quien-nos-alimentara-en-2050/> (consultado: 17-02-2015)
4. PLOS ONE (2014) ADN transgénico puede pasar directamente al cuerpo humano
5. Obtenido de: <http://www.laгранepoca.com/32379-adn-transgenicos-puede-pasar-directamente-al-cuerpo-humano> (consultado 17-02-2015)
6. Klümper W, Qaim M (2014) A meta-analysis of the impact of genetically modified crops.
7. Obtenido de: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0111629> (Consultado 17-02-2015)
8. Universidad Autónoma Metropolitana. (2011). Bioquímica. En U.A.M. (Capítulo 4.5). Obtenido el: 15-02-2015, desde http://docencia.izt.uam.mx/japg/RedVirtualJAP/CursoDRosado/4_Metabolismo/6-MetabolismoenGeneral/3-Fotosintesisengeneral.pdf
9. Audesirk, T. Auderk, G. Byers, B.E. 2008 “Biología Ciencia y Naturaleza” 2nda edición. Pearson. México (Pp. 120)
10. Curtis, H. Barnes, N.S. 2000 “Biología” 6a edición en español. Panamericana España (Pp. 238-244)
11. Mader, S.S 2001, Biología, 7a edición, Mc Graw Hill, Colombia (Pp. 114)
12. Aguado, E. Burt J. (2004) *Understanding Weather and Climate*. 3a. Edición. New Jersey. Pearson Education. Inc
13. ADAC Acquisition Board. User Manual, 2001.
14. Boylestad; Robert L.(1998) *Análisis Introductorio de Circuitos*, 8ª Edición. Pearson Educación. México.

15. Boylestad Robert L. , Nasheldky Louis,(1997) *Electrónica: Teoría de Circuitos*. 6ª Edición. Prentice Hall. México.
16. Giancoli, Douglas C.(1998), *Physics*, 5ª Edición, México, Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. de C.V.
17. Hewitt, Paul G. (1993), *Conceptos de Física*. 5ª Edición, México.Limusa Noriega Editores
18. ImagenCuerponegrografico_png - Wikipedia.htm
19. Sears, Francis W.; Zemansky, Mark W.; Young, Hugh D., (1988), *Física Universitaria*, 6ª edición, Delaware, (E.U.A), Addison-Wesley Iberoamericana, S.A. de C.V.
20. Sohn, E, (2005) *Aplicaciones Instrumentales para la Astronomía en el Mediano Infrarrojo*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Instituto de Astronomía. UNAM.
21. Tippens, Paul, (2001), *Física, Conceptos y Aplicaciones*, 6ª Edición, México, ED. Mc Graw- Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
22. Velasco-Segura, M. Rosete-Aguilar, “Mediciones de no-linealidad de diodos emisores de luz que funcionan como detectores ópticos”, SOMI XVII Congreso de Instrumentación, Ing. Óptica MRA 18169, (2003)
23. OpenCourseWare de la Universidad Politécnica de Madrid (OCWUPM) 2014. Climatología aplicada a la ingeniería y medioambiente: Acción de la temperatura sobre la vegetación. Recuperado de: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-5/ACCION-DE-LA-TEMPERATURA-SOBRE-LA-VEGETACION.pdf>
24. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola (EUITA) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) 2015. Luz y Desarrollo. El Fotoperiodismo, la fotomorfogénesis y el control de la floración. Recuperado de: http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_15.htm
25. Valdivia, B., Granillo, P., Villareal, M. S. (2007) Biología. La vida y sus procesos. Publicaciones cultural. México. Pp. 201-202