

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS
Y ARTES DE CHIAPAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

INFORME TÉCNICO

**HUERTO HIDROPÓNICO BAJO
FUNCIÓN DE UN SISTEMA
FOTOVOLTAICO**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTA
JOSÉ LEONARDO AGUILAR RICO**

**DIRECTOR
DR. JUAN ANTONIO VILLANUEVA HERNÁNDEZ**



Tuxtla Gutierrez, Chiapas Septiembre del 2021



Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas Dirección de Servicios Escolares

Departamento de Certificación Escolar

Autorización de impresión

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Fecha: 27 de Septiembre de 2021

C. Aguilar Rico José Leonardo

Pasante del Programa Educativo de Ingeniería Ambiental

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Nombre del documento: **Huerto hidropónico bajo función de un sistema Fotovoltaico**

En la modalidad de: Informe Técnico

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

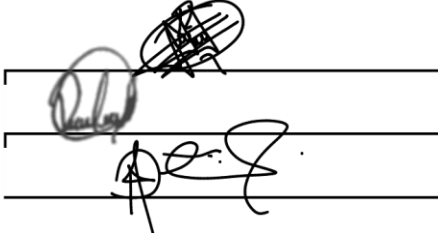
Revisores

José Manuel Gómez Ramos

Rubén Alejandro Vázquez Sánchez

Juan Antonio Villanueva Hernández

Firmas:



Dedicatoria

A LA VIDA;

Por haberme enseñado, lo que sucede es la única cosa que podía haber sucedido, nada, pero nada, absolutamente nada de lo que nos sucede en nuestras vidas podría haber sido de otra manera. Ni siquiera el detalle más insignificante, no existe el, “si hubiera hecho tal cosa hubiera sucedido tal otra”, lo que pasó fue lo único que pudo haber pasado y tuvo que haber sido así para que aprendamos esa lección y sigamos adelante. Todas y cada una de las situaciones que nos suceden en nuestras vidas son perfectas, aunque nuestra mente y nuestro ego se resistan y no quieran aceptarlo. Y no olvidar que, cualquier momento que se comience algo es el correcto, todo comienza en el momento indicado, ni antes, ni después, cuando estamos preparados para que algo nuevo empiece en nuestras vidas, es allí cuándo comenzará. Y recordar, cuando algo termina, termina, simplemente así, si algo terminó en nuestras vidas, es para nuestra evolución, por lo tanto es mejor dejarlo, seguir adelante y avanzar ya enriquecidos con esa experiencia.

A MIS PADRES;

Lic. José Oscar Aguilar Morales y Lic. Alicia Isabel Rico Hernández, por apoyarme en todo momento y no dejarme solo. Por enseñarme valores, humildad y respeto, que son claves del éxito. Gracias por el sacrificio que hicieron, no cabe duda que estaré en deuda con ustedes por el resto de mi vida.

Agradecimientos

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH);

Por brindarme todos los medios necesarios para poder concluir esta pequeña etapa de mi vida y formarme profesionalmente.

A mis Hermanos;

Ing. Oscar Efrén Aguilar Rico y Lic. Lourdes Yanira Aguilar Rico.

Por siempre poder contar con ellos, por los buenos y malos momentos que pasamos juntos.

Por las experiencias vividas que nos han tocado, son y siempre serán mi inspiración a seguir viviendo la vida.

A mis maestros;

Por enseñarme y brindarme su apoyo en todo el proceso de mi formación académica.
Y de ser un ejemplo a seguir de cómo superarnos día a día.

A mi director;

Dr. Juan Antonio Villanueva Hernández

Por su enseñanza durante mis estudios en la UNICACH. Por su dedicación, guía y apoyo durante todo mi trabajo de investigación, estaré en deuda por siempre.

ÍNDICE

1	Introducción	1
2	Planteamiento del problema	2
3	Justificación	4
4	Marco Teórico.....	6
4.1	Lechuga.....	6
4.1.1	Tipos de lechuga	7
4.1.2	Lechuga italiana	7
4.1.3	Lechuga francesa	7
4.1.4	Lechuga de cogollo o iceberg	8
4.1.5	Lechuga romana.....	8
4.2	Propiedades de la lechuga	9
4.2.1	Sistemas de siembra	9
4.2.2	Siembra directa	9
4.2.3	Siembra indirecta o almácigo.....	9
4.3	Situación geográfica de la zona	9
4.4	Radiación solar	10
4.5	Conceptos básicos relativos a sistemas eléctricos y energéticos solares	10
4.5.1	Potencia eléctrica.	10
4.6	Panel solar.....	10
4.6.1	Controlador de carga	10
4.6.2	Batería.....	11
4.6.3	Sistema fotovoltaico.....	11
4.7	Cultivo hidropónico	11
4.8	Beneficios del cultivo hidropónico	12
4.8.1	Sistema de sustrato sólido	13
4.8.2	Sistema de sustrato líquido o raíz flotante	13
4.9	Solución nutritiva	13
4.9.1	Solución nutritiva FAO	14
4.9.2	Solución nutritiva “La Molina”	14
4.10	Sustratos y tipos de sustrato.....	15
4.10.1	Características de un buen sustrato.....	16
4.10.2	Sustrato de origen orgánico	17
4.10.3	Sustrato de origen inorgánico	17
5	Objetivos.....	18

5.1	Objetivos específicos	18
6	Metodología.....	18
6.1	Diseño de la investigación	18
6.2	Características del estudio hidropónico	19
6.3	Condiciones climáticas	20
6.4	Instalación del sistema de huerto hidropónico NFT.....	20
6.5	Materiales para la instalación de un huerto hidropónico NFT.....	22
6.6	Instalación del sistema fotovoltaico.....	22
6.7	Materiales para la instalación del sistema fotovoltaico.....	23
6.8	El cultivo de lechuga en huertos hidropónicos	24
6.9	Instalación completa del huerto hidropónico bajo función de un sistema fotovoltaico 25	
7	Resultados.....	26
7.1	Presentación y análisis obtenidos.....	26
7.2	Análisis de resultados generales	34
8	Conclusiones	36
9	Recomendaciones	37
10	Referencias	38

1 Introducción

El término hidroponía se genera de dos palabras griegas: *hydro* (agua) y *ponos* (labor o trabajo). La unión de estas palabras significa trabajar en agua. La hidroponía puede definirse entonces como la ciencia del cultivo de plantas sin uso de tierra, en un medio inerte, siendo este medio el agua o incluso un sustrato distinto del suelo tal como lo conocemos, sino por ejemplo: granza de arroz, grava, carbón o piedra volcánica, entre otros. A este medio se le agrega una solución nutriente que contiene todos los elementos esenciales requeridos por la planta para su crecimiento normal (Barbado, 2005, p.6).

La técnica hidropónica de *cultivo con flujo laminar de nutrientes*, conocida como NFT por sus siglas en inglés (*Nutrient Film Technique*), se originó en Inglaterra, con el fin de aumentar la productividad del sector de producción hidropónica mediante el uso total del espacio, crear un sistema cerrado donde recirculara la solución nutritiva, aprovechando al máximo el recurso hídrico, y favorecer la absorción en los sistemas radiculares de las plantas (González, 2008, p.6).

Se planteó la propuesta para adaptar dentro de las instalaciones de una casa de interés, un sistema de huerto hidropónico bajo función de un sistema fotovoltaico para cultivar un tipo de hortaliza, en este caso (*Lactusa sativa L. var. longifolia*), con la finalidad de crear un sistema de autoconsumo y sustentable, un sistema hidropónico (NFT) podrá producir alimentos que serán aprovechados por los productores de la vivienda, y al mismo tiempo reducir costos energéticos que pueda generar las bombas hídricas, al aplicar un sistema fotovoltaico para el aprovechamiento de la energía solar.

2 Planteamiento del problema

A nivel mundial con el incremento de la población y el desarrollo de la tecnología se está dejando atrás el consumo de energía no renovable que afecta al calentamiento global. Poco a poco se está introduciendo las energías renovables como la eólica, solar, biomasa, mareomotriz en proyectos que permitan un cambio en la matriz energética y matriz productiva. (Guevara, 2016, p.18).

Por otro lado, se busca ahorrar el consumo de agua en los sistemas de riego que en la actualidad. Guevara (2016) afirma: el mayor porcentaje es el método de inundación y a su vez se está desarrollando métodos de cultivo como el hidropónico permitiendo estos la reducción del área de producción, cultivar en todas las estaciones del año y por consiguiente la reducción de la contaminación de los productos comparados con los que se obtienen cultivados en tierra, se considera que hay desperdicio de agua con los tradicionales sistemas agrícolas, tal como lo menciona. (p.18)

La agricultura industrial utiliza alrededor del 70% del total del agua disponible para consumo, para ello se drenan ríos y lagos desviando en algunos casos su cauce y sobre explotando los mantos acuíferos para mantener la producción de monocultivos, haciendo de ésta una práctica insostenible y afectando directamente a los pequeños productores y al medio ambiente. (Guevara, 2016, p.4).

Así mismo, la agricultura extrae cerca del 90% del agua del subsuelo, por consiguiente, para que ésta se recupere naturalmente es casi imposible, por otra parte, la hidroponía requiere únicamente de una décima parte de lo que la agricultura en tierra necesita. Por ejemplo, un sistema hidropónico de NFT, para poder satisfacer a 198 plantas, únicamente requiere de 150 litros de agua, ésta será reciclada durante el ciclo de la planta, ósea hasta que esta sea cosechada. (Lendecky, 2017, p.4).

Las frutas y verduras que compramos en los supermercados no tienen indicado la gran cantidad de agua que utilizan para que puedan llegar a nuestras manos. Por ejemplo, para obtener 1 kilo de jitomate, fue necesario utilizar 214 litros de agua,

para un kilo de brócoli 37 litros de agua, y para un kilo de hongos 7.5 litros. Y eso sin tomar en cuenta la contaminación de CO₂ que genera la transportación de éstos. (Barra, 2017, p.4).

3 Justificación

A nivel mundial está cambiando poco a poco el consumo de combustibles fósiles y otros recursos no renovables como fuente principal de energía, en cambio de la utilización de energías renovables evidenciadas en muchas instalaciones de sistemas fotovoltaicos más eficientes y a precios más económicos, permitiendo que muchas más personas sustituyan la energía creada por los combustibles fósiles a sistemas fotovoltaicos para reducir los impactos ambientales.

(Guevara, 2016, p.18)

Con el siguiente trabajo se buscó implementar un huerto hidropónico (NFT), al mismo tiempo se instaló un sistema fotovoltaico para generar electricidad, el cual sirvió en el funcionamiento de la bomba hídrica, que fue usado para trasladar el agua con la solución nutritiva, con el fin de representar con el trabajo, estar aplicando eco-tecnologías para lograr una alternativa en la producción de alimentos, en menor tiempo y se utilizó como guía el manual de hidroponía del tecnológico de Costa Rica para el cuidado del cultivo y uso adecuado del sistema hidropónico, para aprender sobre la producción con técnicas de control y con sistemas renovables de energía para reducir los impactos ambientales, al mismo tiempo, se benefició a los productores de la vivienda con alimentos cultivados para su propio beneficio.

Esta investigación también tuvo como meta implementar el sistema hidropónico (NFT) en una casa urbana de interés, para difundir la práctica de estos métodos, para adquirir alimentos, Guevara (2016) afirma: el sistema hidropónico (NFT) es aquel que las plantas no tienen contacto con el suelo, lo que reduce la mano de obra para el cultivo, reduce el tiempo de riego por inundación y el consumo de insecticidas. (p.19). En la capital de Chiapas fue difícil encontrar información muy específica del tema, ya que muchos han usado los sistemas de hidroponía y fotovoltaico por separado, por eso no fueron de mi interés la información encontrada en la región, no se encuentran los sistemas implementados de huertos alimentados por sistemas fotovoltaicos, sin embargo, esta escases de prácticas relacionadas al tema, fue de inspiración para aplicar un sistema de huerto

hidropónico (NFT) alimentado por un sistema fotovoltaica, para divulgar el desarrollo de estas tecnologías.

4 Marco Teórico

4.1 Lechuga

Su nombre científico es *Lactuca Sativa*, sus orígenes se dan por los años 4500 A.C. en las regiones templadas de Egipto, extendiéndose a Europa y Asia, fue traída a América en los años 1600 por los europeos. Es una planta herbácea anual rústica, tiene hojas grandes, blandas, enteras o aserradas. (Guevara, 2016, p.20)

La lechuga es una hortaliza anual, su sistema radical, que en general tiene 0.25 m de profundidad, presenta una raíz primaria pivotante, corta y con ramificaciones, el sistema caulinar se desarrolla en dos fases: una vegetativa y otra reproductiva, en la fase inicial o vegetativa la planta presenta un tallo comprimido en el cual se ubican las hojas muy próximas entre sí, generando el hábito de roseta típico de la familia. (Carrasco e Izquierdo, 1996 y Krarup y Moreira, 1998, p.12)

La disposición de las hojas es variable; en algunas formas las hojas se mantienen desplegadas y abiertas, y en otras, en cierto momento del desarrollo, las hojas se expresan de tal manera que forman una cabeza o cogollo más o menos consistente y apretado. Cuando la lechuga entra en su fase reproductiva emite el tallo floral, que alcanza una altura de hasta 1.2 m. Esta fase se ve acelerada por temperaturas altas y días largos, a pesar que la mayoría de los cultivares modernos son de fotoperiodo neutro, las flores de esta planta son autógamias. (Carrasco e Izquierdo, 1996 y Krarup y Moreira, 1998, p.12)

4.1.1 Tipos de lechuga

Guevara (2016) afirma: Algunos tipos de lechuga cultivados en México, son los siguientes:

4.1.2 Lechuga italiana

Guevara (2016) afirma: “O también llamada lechuga achicoria roja o lechuga radicchio, el nombre científico de esta variedad es el de *Lactuca Sativa* variedad *longifolia*, se caracteriza por su sabor intenso y su textura crujiente” (p.20).

Figura 1

Lechuga italiana



Fuente: Guevara (2016)

4.1.3 Lechuga francesa

Guevara (2016) afirma: “Lechuga de suave textura y centro crujiente, con un sabor ligeramente dulce. Se caracteriza por sus hojas grandes y firmes. También se le conoce como Lechuga Boston” (p.20).

Figura 2

Lechuga francesa



Fuente: Guevara (2016)

4.1.4 Lechuga de cogollo o iceberg

Guevara (2016) afirma: “Su característica son sus hojas redondas que forma un cogollo de color verde brillante parecida a la col. Estas lechugas pertenecen a la variedad botánica capitata de la familia arecaceae (palma). Denominada Iceberg por su resistencia al frio” (p.20).

Figura 3

Lechuga de cogollo



Fuente: Guevara (2016)

4.1.5 Lechuga romana

Su característica es el color verde oscuro de hojas más estrechas pero separadas, sus bordes son lisas, no forman verdaderos cogollos y tiene un robusto nervio central. El nombre de romana fue debido a las conquistas del Oeste en el imperio romano lo que hizo que la lleven a Europa por su sabor y textura. (Guevara, 2016, p.21)

Figura 4

Lechuga romana



Fuente: Guevara (2016)

4.2 Propiedades de la lechuga

Guevara (2016) afirma: “Dentro de las propiedades de la lechuga se destacan las siguientes” (p.22).

- La lechuga tiene propiedades adelgazantes y diuréticas.
- La lechuga actúa como tranquilizante.
- La lechuga es vegetal que dispone de vitaminas, minerales y nutrientes.
- Mejora la circulación.
- Tiene propiedades cosméticas.
- Sirve para el cuidado de los ojos.

4.2.1 Sistemas de siembra

Marulanda (2005) afirma: “Señala dos formas de siembra” (p.19).

4.2.2 Siembra directa

Es el método en que las semillas se siembran en el lugar definitivo y allí permanecen desde la germinación hasta la cosecha.

Las especies que se siembran en lugar definitivo se debe a que no resisten el trasplante o porque desde el comienzo se desarrollan con mucho vigor.

4.2.3 Siembra indirecta o almácigo

Consiste en realizar la siembra en almácigos llamados también germinadores, donde son depositadas las semillas y se da en forma muy esmerada el manejo necesario para que las plantas en sus primeros días de desarrollo tengan el máximo de atención y cuidados para crecer sanas y fuertes y luego ser trasplantadas al sitio definitivo.

4.3 Situación geográfica de la zona

Según el plan de desarrollo municipal (2018-2021).

Tuxtla Gutiérrez es la capital del estado de Chiapas, en el sur de la república Mexicana, Su extensión territorial es de 412.40 km², lo que representa el 3.26 % de la región Centro y el 0.55% de la superficie estatal, su altitud es de 600 msnm.

Geográficamente, se encuentra.

El municipio Tuxtla Gutiérrez colinda al norte con Usumacinta y Chiapa de Corzo, al este con Chiapa de Corzo, al sur con Suchiapa y Ocozocoautla de Espinosa y al oeste con Berriozábal y Ocozocoautla de Espinosa.

4.4 Radiación solar

Son energías liberadas por el sol que se transmiten al exterior en forma de un conjunto de radiaciones electromagnéticas. El Sol es una estrella cuya superficie se encuentra a una temperatura media de 6000 °K en cuyo interior tienen lugar una serie de reacciones de fusión nuclear, que producen una pérdida de masa que se transforma en energía, esta energía es la radiación solar. (Guevara, 2016, p.23)

4.5 Conceptos básicos relativos a sistemas eléctricos y energéticos solares

4.5.1 Potencia eléctrica.

Guevara (2016) afirma: “Es la cantidad de trabajo realizado por una corriente eléctrica, la potencia está dada por el producto del voltaje aplicado y la intensidad de corriente eléctrica por el $\cos\theta$ ” (p.23).

$$P = V \times I \cos\theta$$

4.6 Panel solar

Son dispositivos o celdas que aprovechan la energía de la radiación solar para convertir en energía eléctrica y energía térmica, estos dispositivos dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía lumínica produce cargas positivas y negativas en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente.

(Guevara, 2016, p.23)

4.6.1 Controlador de carga

Conocidos también como reguladores, son dispositivos electrónicos, diseñado para mantener un nivel de voltaje que se mantenga en un nivel constante. Guevara (2016) afirma: “Su función principal es proteger a la batería frente a sobrecarga y sobre descarga profunda manteniendo constante la carga para aumentar la vida útil de la misma” (p.24).

4.6.2 Batería

Guevara (2016) afirma: “Llamados también acumuladores, están compuestas de celdas electroquímicas secundarias, las baterías son dispositivos que almacenan electricidad en forma de energía química, es así que posteriormente usando procedimientos electroquímicos produce energía eléctrica” (p.25).

4.6.3 Sistema fotovoltaico

Los sistemas fotovoltaicos consisten en aprovechar la energía solar en energía eléctrica, generando corriente continua por medio de dispositivos semiconductores denominados células fotovoltaicas transformando a corriente alterna por medio de inversores. Los sistemas fotovoltaicos se componen de paneles solares, controladores, baterías e inversores. (Guevara, 2016, p.26)

4.7 Cultivo hidropónico

Son denominados cultivos hidropónicos porque los nutrientes requeridos por las plantas se administran a través de un medio líquido. La siembra de los plantines debe hacerse en sustrato sólido y en sustrato líquido a partir del trasplante. En ambos casos se cultivan plantines obtenidos a partir de semilleros, las cuales son posteriormente trasplantadas o mediante siembra directa en sustrato sólido. (Michelena, 2003, p.20)

Menciona que los cultivos hidropónicos son cultivos sin suelo, este es reemplazado por un sustrato inerte donde los nutrientes (alimento) que necesita la planta para vivir y producir son entregados en el riego. También son cultivos hidropónicos aquellos que se cultivan en agua con nutriente. (Izquierdo, 2000, p.20)

Catacora (2000) afirma: “Señala que el cultivo hidropónico o cultivo de plantas sin tierra, es una forma de producir verduras frescas y sanas en lugares en donde no es posible desarrollar agricultura, como complemento de la dieta familiar” (p.42).

Señala que cuando se riega una planta mediante una solución de sales minerales cuidadosamente formulado que contenga los 15 elementos esenciales del suelo en las proporciones y formas químicas que permitan el paso de los mismos a la

raíz con mínimo gasto energético, se dice que la planta se cultiva en forma hidropónica. (Zapp, 1991, p.20)

Indica que la hidroponía es la ciencia del crecimiento de las plantas, sin utilizar el suelo, aunque usando un medio inerte, tal como grava, arena, turba, piedra pómez o aserrín, a los cuales se añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales necesitados por la planta para su normal crecimiento y desarrollo.(Howard, 1987, p.20)

Puesto que muchos de estos métodos hidropónicos emplean algún tipo de medio de cultivo se los denomina a menudo cultivos sin suelo, mientras que el cultivo solamente en agua sería el verdadero hidropónico.

4.8 Beneficios del cultivo hidropónico

El desarrollo actual de la técnica de los cultivos hidropónicos está basado en la utilización de mínimo espacio, al igual que el mínimo consumo de agua y máxima producción y calidad.

De acuerdo con José Beltrano y Daniel O. Giménez en su libro de cátedra llamado Cultivo en Hidroponía (2015) los beneficios son:

- Son cultivos libres de parásitos, bacterias, hongos y contaminación
- Reducción de costos de producción. Independencia de los fenómenos meteorológicos
- Permite producir cosechas en contra estación
- Menos espacio y capital para una mayor producción
- Ahorro de agua, que se puede reciclar
- Ahorro de fertilizantes e insecticidas
- Evita la maquinaria agrícola (tractores, rastras, etcétera)
- Limpieza e higiene en el manejo del cultivo
- Mayor precocidad de los cultivos
- Alto porcentaje de automatización
- Mejor y mayor calidad del producto
- Altos rendimientos por unidad de superficie

- Aceleramiento en el proceso de cultivo
- Posibilidad de cosechar repetidamente la misma especie de planta al año
- Ahorro en el consumo del agua
- Productos libres de químicos no nutrientes.

4.8.1 Sistema de sustrato sólido

Indica que el sistema de sustrato sólido es eficiente para cultivar más de treinta especies de hortalizas y otras plantas de porte bajo y rápido crecimiento. Ha sido el más aceptado en la actualidad, es menos exigente que la denominada raíz flotante, que permite sembrar menos variedad de hortalizas. (Marulanda, 2005, p.21)

4.8.2 Sistema de sustrato líquido o raíz flotante

Menciona que es el medio de cultivo más económico y fácil de conseguir es el agua que se usa con el mismo fin que el sustrato sólido, permitir el desarrollo de las raíces y la absorción de agua y de las sustancias nutritivas adicionadas, se llama raíz flotante porque las raíces de las plantas flotan dentro la solución nutritiva. Este sistema es muy eficiente para cultivar: lechuga, apio, albahaca y berro. (Marulanda, 2005, p.22)

4.9 Solución nutritiva

Marulanda (2005) afirma: “Define a la solución nutritiva como el producto que contiene todos los elementos que las plantas necesitan para su correcto desarrollo y adecuada producción de raíces, bulbos, tallos, hojas, flores, frutos y semillas” (p.22).

Castilla (2000) afirma: “Señala que en los cultivos hidropónicos los elementos esenciales se suministran a las plantas a través del agua en que se disuelven fertilizantes para preparar la solución de nutrientes” (p. 22).

Izquierdo (2000) afirma: “Menciona que existen varias fórmulas para preparar nutrientes que han sido usadas en varios países para producir una gran variedad de hortalizas, plantas ornamentales y medicinales, está compuesta de dos

soluciones concentradas, a las que llamamos: solución concentrada “A” y “B” (p.22).

4.9.1 Solución nutritiva FAO

Denominada “Solución Hidropónica Popular”, probada con éxito en diferentes países de América Latina en más de 30 hortalizas. La solución concentrada, denominada solución stock o madre, contiene más de un nutriente pero en cantidades demasiado altas, de estos solo se toman pequeños volúmenes para preparar la solución nutritiva. Los fertilizantes son preparados en dos frascos las cuales son llamadas solución concentrado “A” y “B”. (Espinoza, 2012, p.23)

Solución A

- Fosfato de Amonio 492 g
- Nitrato de Calcio 2.100 kg
- Nitrato de Potasio 1.100 kg

Solución B

- Sulfato de Magnesio 492 g
- Sulfato de Cobre 0.48 g (1/2 g)
- Sulfato de Manganeso 2.5 g
- Sulfato de Zinc 1.2 g
- Ácido Bórico 6.2 g
- Molibdato de Amonio 0.02 g
- Nitrato de Magnesio 920 cc
- Quelato Hierro 8.5 g

4.9.2 Solución nutritiva “La Molina”

La solución hidropónica “La Molina” fue formulada después de varios años de investigación en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria “La Molina”, con el propósito de difundir la hidroponía con fines sociales, se eligieron para su preparación, fertilizantes que se pueden conseguir con facilidad, siendo las soluciones stock “A”, “B”, y “C”. Es una solución nutritiva promedio que puede ser utilizada para producir diferentes cultivos, dando buenos resultados en lechuga, apio, albahaca, acelga, fresa, tomate, nabo, betarraga,

zanahoria, también se ha probado en plantas ornamentales, aromáticas y medicinales, así mismo en flores y también para producir forraje verde hidropónico, pero el crecimiento y rendimiento puede ser optimizado usando una formulación específica para cada cultivo. (Espinoza, 2012, p.23)

4.10 Sustratos y tipos de sustrato

Indica en su definición más amplia un “sustrato” es todo material que puede sustituir al suelo y bajo condiciones manejadas proporciona a la planta un medio adecuado para su crecimiento y desarrollo. Ubillus (2000) confirma: “Este sustrato puede intervenir (material químicamente activo, ejemplo tierra vegetal) o no (material inerte arena o gravilla) en el proceso de la nutrición vegetal” (p.23).

Arena: material de naturaleza silicea que puede proceder de canteras o de ríos, para su óptimo aprovechamiento como sustrato las arenas deben estar libres de limo, arcillas y carbonatos por lo que deben eliminarse partículas inferiores a 0.25 mm. Sus propiedades físicas varían en función del tamaño de sus partículas (arenas finas y arenas gruesas) mientras que sus propiedades químicas dependen de su procedencia (aluviales, coluviales, oceánicas).

Cascarilla de Arroz: material orgánico resultante del pilado, por su alta cantidad de fibra es muy resistente a la descomposición. Para emplearlo como sustrato tener presente que previamente debe ser fermentado, desinfectado y lavado ya que de lo contrario liberará sustancias tóxicas (alcohol) producto de la descomposición del almidón de los remanentes de arroz. Proporciona buena aireación y retención de agua.

Aserrín: material orgánico poco usado por los riesgos de liberación de taninos, resinas o sustancias que se le adicionan a la madera para el curado y preservación las cuales son difíciles de eliminar aún con lavado.

Indica que desde el punto de vista químico, el sustrato deberá también satisfacer ciertas condiciones. Deberá ser químicamente inactivo, o sea, ni absorber ni suministrar ningún elemento nutritivo, puesto que esto representaría una alteración en la solución nutritiva. En cuanto a la parte biológica al comienzo del cultivo,

dicho sustrato deberá estar libre de plagas o enfermedades; es peligroso, por tanto, cualquier material que contenga tierra, especialmente de compost, pues los daños de infección serían en este caso muy acentuados. (Penningsfeld, 1983, p.24)

4.10.1 Características de un buen sustrato

Los sustratos deben tener gran resistencia al desgaste o a la meteorización y es preferible que no tengan sustancias minerales solubles para no alterar el balance químico de la solución nutritiva que será aplicada. El material no debería ser portador de ninguna forma viva de macro o micro organismos, para disminuir el riesgo de propagar enfermedades o causar daño a las plantas, a las personas o a los animales que los van a consumir. (Marulanda, 2005, p.24)

Marulanda (2005) confirma: “Lo más recomendable para un buen sustrato es” (p.25).

- Que las partículas que lo componen tengan un tamaño no inferior a 0.5 y no superior a 7 milímetros.
- Que retengan una buena cantidad de humedad, pero que además faciliten la salida de los excesos de agua que pudiera caer con el riego o la lluvia.
- Que no retengan mucha humedad en su superficie.
- Que no se descompongan o se degraden con facilidad.
- Que tengan preferentemente coloración oscura.
- Que no contengan elementos nutritivos.
- Que no contengan microorganismos perjudiciales a la salud de los seres humanos o de las plantas.
- Que no contengan residuos industriales o humanos.
- Que sean abundantes y fáciles de conseguir, transportar y manejar y de bajo costo.

Espinoza (2012) confirma: “Los materiales ya probados en varios países de América Latina y el Caribe y que cumplen con la mayoría de estos requisitos se clasifican en” (p.25)

4.10.2 Sustrato de origen orgánico

- Cascarilla de arroz.
- Aserrín o viruta desmenuzada de maderas amarillas.

Cuando se utilizan aserrín de maderas, es preferible que no sean de pino ni de maderas de color rojo, porque estos contienen sustancias que pueden afectar a las raíces de las plantas. Si sólo es posible conseguir material de estas maderas, se lava con abundante agua y se lo deja fermentar durante algún tiempo antes de utilizarlo, no debe ser usado en cantidad superior al 20% del total de la mezcla.

Si se utiliza cascarilla de arroz, es necesario lavarla, dejarla fermentar bien, humedecerla antes de sembrar o trasplantar durante 10 a 20 días, según el clima de la región.

4.10.3 Sustrato de origen inorgánico

- Escoria de carbón mineral quemado
- Escoria de tobas volcánicas.
- Arenas de ríos o corrientes de agua limpia que no tengan alto contenido salino.
- Grava fina.

Cuando se usan escorias de carbón, tobas volcánicas o arenas de ríos, estos materiales deben lavarse 4 a 5 veces en recipientes grandes, para eliminar todas aquellas partículas que flotan. El material ya está listo para ser utilizado cuando el agua del lavado sale clara.

Algunas escorias de carbón o de volcanes tienen niveles de acidez muy altos y algunas arenas como las arenas de mar tienen niveles muy bajos (son alcalinas); estos materiales deben ser lavados cuidadosamente hasta conseguir niveles ligeramente ácidos o próximos a la neutralidad, en caso de no ser así estos deben ser excluidos y utilizar otros. (Espinoza, 2012, p.26)

5 Objetivos

Implementar sistemas eco-tecnológicos en una casa urbana utilizando la hidroponía y el sistema fotovoltaico.

5.1 Objetivos específicos

1. Instalar un sistema fotovoltaico para el aprovechamiento de la energía solar para el funcionamiento de una bomba hídrica dentro del huerto hidropónico.
2. Cultivar dentro del huerto hidropónico (*Lactusa sativa L. Var. Longifolia*) con la finalidad de producir los alimentos para ser aprovechados por los productores de la vivienda.
3. Realizar la comparación entre los ejemplares de (*Lactusa sativa L. Var. Longifolia*) mediante análisis estadísticos de dispersión en cuanto al desarrollo del tallo y hojas, usando como guía el material didáctico de métodos de análisis de datos por Zenaida Hernández Martín.

6 Metodología

6.1 Diseño de la investigación

Dado que el objetivo del estudio es implementar un sistema de huerto hidropónico bajo función de un sistema fotovoltaico para el aprovechamiento de la energía solar en el cultivo de (*Lactusa Sativa L. var. longifolia*), se recurrió a un diseño experimental de hidroponía (NFT), bajo la metodología ya implementada de hortalizas del manual de producción hidropónica del tecnológico de Costa Rica, que consiste en la propuesta llamada “Modelo de manejo de un sistema de producción de hortalizas de hoja bajo la modalidad de hidroponía NFT”, cuyo objetivo era definir un modelo de manejo de un sistema de producción de hortalizas de hoja bajo la modalidad de hidroponía NFT, en el centro de prácticas docentes e investigación agropecuaria, con miras a generar experiencias e información técnica.

Como resultado, surgió el manual, que guía de manera general y básica la operación de un sistema de cultivo de este tipo, el cual se adapta principalmente a las condiciones del área descrita en el manual. Igualmente, podría utilizarse como

base para la operación en otros sitios, con las adecuaciones correspondientes según clima, cultivo, etc.

Figura 5

Cama de hidroponía NFT en invernadero del CPDIA-TEC



Fuente: CPDIA-TEC

6.2 Características del estudio hidropónico

Se seleccionó una casa en una zona urbana de interés, porque tiene un espacio libre para actividades de cultivo hidropónico para hortalizas, al mismo tiempo con la finalidad de vincular esta actividad de cultivo con técnicas sustentables, utilizando sistemas cíclicos para reutilizar el agua y disminuir el consumo del recurso, como lo fue, al utilizar sistemas fotovoltaicos para reducir el consumo eléctrico convencional y aprovechar la energía solar que se proporciona todos los días, estos métodos y técnicas, mejoran la calidad del medio ambiente como lo hace al mismo tiempo con la calidad de vida del ser humano, esta técnica de cultivo sustentable proporciono el autoconsumo dentro de la vivienda, en este caso con 22 espacios para cultivar hortalizas de interés, evitando el uso de plaguicidas y fertilizantes que contaminan los suelos, mantos acuíferos, aire, y que producen enfermedades en los seres vivos a largo y corto plazo, y sin considerar las emisiones de dióxido de carbono que se generan al transportar los vegetales para su consumo convencional, la hidroponía sustentable mejora y reduce en

varios aspectos la calidad del medio ambiente y la calidad de vida de los seres vivos.

Figura 6

Área determinada para el huerto hidropónico



Fuente propia (2021)

6.3 Condiciones climáticas

Según el plan de desarrollo municipal (2018-2021), el clima del municipio es principalmente cálido subhúmedo con lluvias en los meses de verano y semicálido, subhúmedo en otoño. En los meses de mayo a octubre, las temperaturas mínimas promedio son de 18 a 21 °C. En tanto que las máximas promedio en este periodo son de 30 a 33 °C.

Por otro lado, durante los meses de noviembre a abril, las temperaturas mínimas promedio se distribuyen de 12 a 15 °C. Mientras que las máximas promedio en este mismo periodo son de 24 a 27 °C, de 27 a 30 °C y de 30 a 33 °C.

6.4 Instalación del sistema de huerto hidropónico NFT

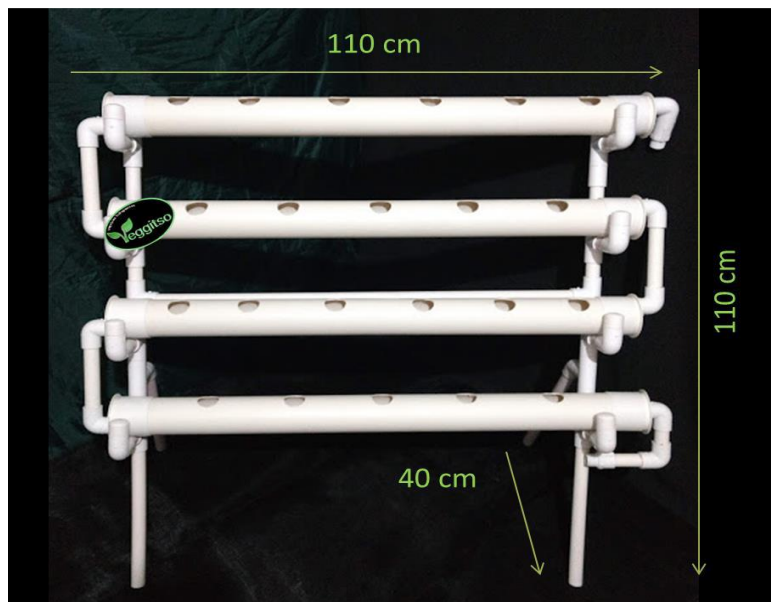
Se instaló el huerto hidropónico inspirado por el manual de producción hidropónica del tecnológico de Costa Rica, que consiste en una guía general y básica respecto a la aplicación de hortalizas bajo el funcionamiento de un sistema NFT, se tuvo que modificar en algunos aspectos, por el simple hecho, de que mi

área de estudio lo demanda, se instaló del lado izquierdo del lugar, ya que existe un techo que lo cubre en su mayoría, para evitar desechos de pájaros, exceso de hojas, o que a largo plazo, vaya a ver una acumulación de partículas suspendidas y produzca sedimentaciones en los tubos, el tanque de almacenamiento de agua estuvo a la derecha del huerto, conectado a dos mangueras para crear un sistema cíclico, las uniones se reforzó con cinta aislante de color blanco, para evitar goteos y una aceleración en la pérdida de agua con solución nutritiva.

La técnica hidropónica de cultivo con flujo laminar de nutrientes, conocida como NFT por sus siglas en inglés (*Nutrient Film Technique*), se originó en Inglaterra, con el fin de aumentar la productividad del sector de producción hidropónica mediante el uso total del espacio, crear un sistema cerrado donde recirculara la solución nutritiva, aprovechando al máximo el recurso hídrico, y favorecer la absorción en los sistemas radiculares de las plantas, y de cultivar hortalizas de autoconsumo en cualquier lugar. (González, 2008, p.6).

Figura 7

Estructura del huerto hidropónico



Fuente: Elaboración propia (2021)

6.5 Materiales para la instalación de un huerto hidropónico NFT

- Un soporte de 4 patas de PVC dos patas de 60 cm y dos de 70 cm, para la estabilización del huerto.
- Cuatro tubos de 90 cm de largo, dos tubos de PVC con 5 perforaciones de 1.5 pulgadas de diámetro, dos tubos de PVC con 6 perforaciones de 1.5 pulgadas, a 5 cm distancia cada uno.
- 3 codos de PVC con un diámetro de 4.5 cm.
- Cinta para aislar color blanco
- Una bomba hídrica de 12 v.
- Un recipiente de 55 litros para el almacenamiento de agua.
- Dos mangueras, uno de 90 cm y otro de 40 cm de largo, con un diámetro de 1 cm.

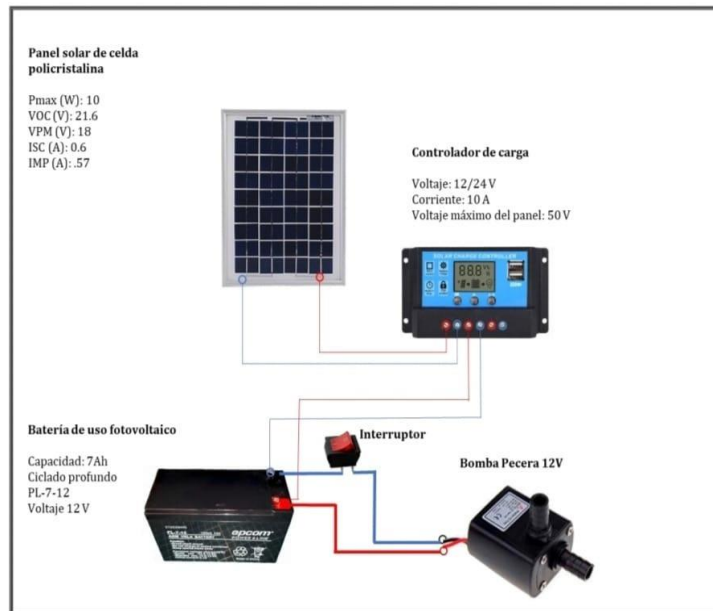
6.6 Instalación del sistema fotovoltaico

Se llegó a instalar el sistema fotovoltaico, de acuerdo al manual de instalación y mantenimiento de energías solares fotovoltaicas hecho por Max Gutiérrez Vargas, inspirado por esta guía, se trató de buscar el ángulo más adecuado para el aprovechamiento de la energía solar, de acuerdo a la instalación de la celda solar, se calculó la cantidad de cables para conducir la energía a un regulador, que pudo distribuir la energía a una batería de almacenamiento de 12 volt, y a una bomba hídrica dentro del huerto hidropónico.

Un sistema de suministro eléctrico autónomo basado en la transformación fotovoltaica de la energía solar está formado por los equipos necesarios para producir, regular, acumular, transformar y, a veces, cuantificar la energía eléctrica. Sus componentes esenciales son: módulos fotovoltaicos y sus soportes, regulador, baterías, inversor, sistemas de protección y, en algunos casos, sistemas de adquisición de datos y contadores de energía. (Gutiérrez, 2008, p.1)

Figura 8

Conexión del sistema fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia (2021)

6.7 Materiales para la instalación del sistema fotovoltaico

De acuerdo a la guía de Max Gutiérrez Vargas, se analizó los siguientes materiales para la instalación.

- Dos cuñas de 45° para obtener un ligero ángulo de inclinación.
- Dos conectores MC4 para paneles solares, color negro, un conector es negativo y el conector opuesto es positivo.
- Cable de cobre, cubierto con goma de uso rudo para exteriores de 8 m de largo. En su interior contiene dos líneas de cobre color rojo (positivo) y negro (negativo) para conducir la electricidad.
- Un cable de uso interno de 5 m, divididos en 3 partes, una parte estará conectada del regulador al panel, otra del regulador a la batería y la última, del regulador a la bomba hídrica.
- 40 grapas para concreto, que se usaran para fijar los cables a la pared.
- Cinta adhesiva, para aislar, color negro.
- Un regulador de energía (Solarchargecontroller)

- Batería (Epcor) de 12 volt
- Una celda solar de 10 w

6.8 El cultivo de lechuga en huertos hidropónicos

De acuerdo al manual de producción hidropónica del tecnológico de Costa Rica, se trataron los cultivos, en este caso el de lechuga, como el manual lo recomienda, con los cuidados correspondientes, para evitar la propagación de plagas u hongos que puedan desarrollarse en los cultivos, también se tomaron las referencias sobre la aplicación respecto a la solución nutritiva, para poder tener a corto plazo, los mejores resultados posibles, considerando también las recomendaciones extras que hace la guía sobre los aspectos de cuidado del sistema hidropónico.

Figura 9

Cultivo de lechuga hidropónico



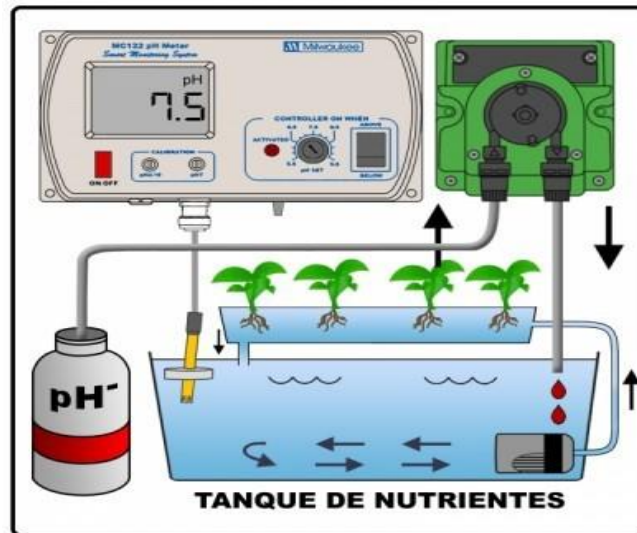
Fuente: Fuente propia (2021)

Finalmente, es necesario contar con otros aditamentos en el sistema, como un “*timer*” o temporizador para programar los tiempos de circulación y apagado de la bomba, y equipo móvil como los respectivos medidores de pH, de temperatura y de conducción eléctrica, para monitorear la condición de la solución nutritiva que alimenta las plantas. Las canastillas donde se colocan las plantas también son importantes. Todo lo anterior puede ser adquirido en ferreterías, tiendas de equipo agrícola o de laboratorio y de proveedores para hidroponía. Es ideal poseer algún sistema de monitoreo de dióxido de carbono, temperatura y humedad relativa,

para determinar las condiciones ambientales de producción y ajustar algunos procedimientos si se vuelve necesario. (Gómez, 2013, p. 9)

Figura 10

Medidores de pH y conductividad eléctrica



Fuente: Gómez (2013)

6.9 Instalación completa del huerto hidropónico bajo función de un sistema fotovoltaico

Cuando se analizó el área de estudio, el sistema hidropónico se completó con 4 tuberías de 90 cm cada uno, para una capacidad de 22 plántulas, se ubicó en un cuarto semicontrolado respecto a factores ambientales, se instaló con un contenedor para 55 litros de agua, conectado a dos mangueras, creando un sistema cíclico para reducir el consumo de agua potable, dentro de los tubos de PVC, se instalaron 4 pestañas en cada extremo para aumentar el nivel de la película de agua, posteriormente se instaló el sistema fotovoltaico, conectado a un regulador que distribuía la energía a la batería de almacenamiento y a la bomba hídrica, posteriormente, se programaron los tiempos de circulación para el huerto para finalmente nutrir a las plántulas con la solución nutritiva universal.

7 Resultados

Se analizó el desarrollo y crecimiento de la lechuga con análisis estadísticos de dispersión, ya que podrá ser el más adecuado para la explicación, se consultó el material didáctico de métodos de análisis de datos por Zenaida Hernández Martín.

7.1 Presentación y análisis obtenidos

El 15 de enero germinó las semillas de *Lactusa Sativa var. Longifolia* en fomis agrícolas, después de la germinación, se trasplantaron al sistema NFT bajo función del sistema fotovoltaico.

Figura 11

Huerto hidropónico con plántulas



Fuente: Fuente propia (2021)

Febrero, primer mes de observación.

Después de la primera aplicación de solución nutritiva universal, se presentó una ligera sedimentación en el contenedor de agua potable, esto se debe, por una mala mezcla entre la solución y el agua potable, la sedimentación desapareció, después de aumentar la fuerza de circulación por parte de la bomba hídrica.

Se obtuvo buenos resultados al poner las pestañas añadidas dentro de los 4 tubos de PVC, provocando el aumento del nivel de la película de agua, para aumentar la exposición de humedad en los fomis agrícolas, no hubo ninguna clase de

saturación por parte de la película de agua o las pestañas añadidas y la circulación era constante dentro del sistema cíclico.

Las plantas presentaban un desarrollo notorio el día que se trasplantaron en el huerto hidropónico, los 22 ejemplares vegetales presentaban un desarrollo en el tallo, las hojas que presentaba cada ejemplar se habían desarrollado adecuadamente, siendo muy notorio su desarrollo, los fomis agrícolas de germinación respondieron adecuadamente al desarrollo de los ejemplares de lechuga, no presentaron degradación o mal formación por la humedad expuesta.

El sistema fotovoltaico presentó un excelente funcionamiento, mandando la energía adecuadamente al regulador, para posteriormente distribuir la energía a la batería de almacenamiento y a la bomba hídrica.

Figura 12

Ejemplar vegetal, 15 días después de su germinación



Fuente propia (2021)

Marzo, segundo mes de observación.

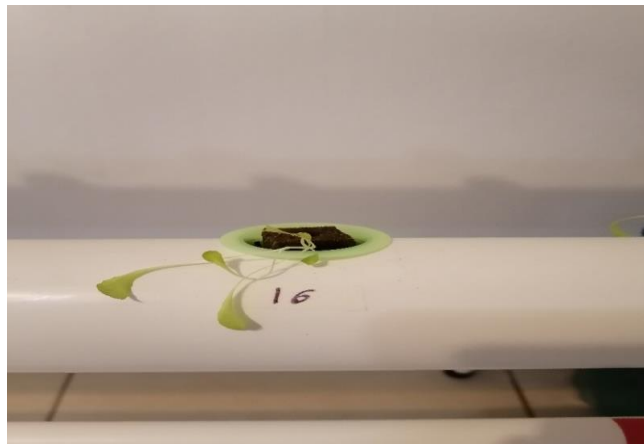
El crecimiento de los 22 ejemplares vegetales estuvieron presentando desarrollos notorios respecto a sus tallos y cantidad de hojas desarrolladas, sin embargo los desarrollos eran demasiados irregulares, a pesar de tener la misma fecha de germinación, todos los ejemplares presentaron diferentes tamaños, algunos habían crecido muy poco y otros se habían desarrollado demasiado rápido, y

respecto a la cantidad de hojas presentes, es el mismo caso, pero con diferencias muy mínimas, todos los ejemplares se veían sanas y presentaban desarrollos mínimos, no se presentaron problemas por plagas u hongos, pero fue notorio el alargamiento excesivo por parte de los tallos, esto se debe, a la exposición de luz que tenían las plantas.

La solución nutritiva funcionó bien, permitiendo un desarrollo en las plantas, no se presentaron problemas por exceso de minerales, de igual manera no hubo presencia de sarro en las mangueras o en el contenedor de agua potable, y por lo tanto el sistema fotovoltaico presentaba un buen funcionamiento, permitiendo a la bomba hídrica trabajar con un buen rendimiento en los ciclos del huerto hidropónico.

Figura 13

Desarrollo del ejemplar de Lactusa sativa var. Longifolia



Fuente propia (2021)

Abril, tercer mes de observación.

Se presentaron problemas respecto al desarrollo de dos ejemplares, el número 9 y 19, no presentaron desarrollos notorios al ser comparadas con su observación pasada, sus tallos median casi lo mismo que la vez pasada y en la cantidad de hojas, presentaron lo mismo, su desarrollo se vio muy lento, y respecto a los otros ejemplares, se presentó un problema muy similar, el desarrollo tanto de los tallos y las hojas fue muy poco a comparación de las observaciones anteriores, no hubo

mucha diferencia entre sus datos, pero sin embargo, se presentaban saludables, sin presencia de algún hongo o plaga que pudieran afectar su desarrollo, pero a la vez, seguía siendo notorio el problema de alargamiento excesivo por la falta de exposición de luz que no había.

Algunos ejemplares presentaron un ligero desarrollo de raíz que sale tanto del fomi agrícola como de la canastilla, no todos los ejemplares presentaron raíz, se había presentado una ligera acumulación de sarro en las manguera que introduce el agua potable al huerto hidropónico, el agua potable de la vivienda fue analizada y presento altos niveles de minerales, dos fomis agrícolas presentaron piedras de sales en el exterior, esto se debe por los niveles altos de minerales que había, por lo tanto, se cambió el agua potable por agua purificada para reducir los altos niveles de minerales que se presentaron.

El nivel de pH influye directamente sobre la absorción de los nutrientes por parte de la planta. Entre los valores de pH 5.5-7.0, se encuentra la mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas. Fuera de este rango las formas en que se pueden encontrar los nutrientes resultan inaccesibles para ser absorbidos por la planta, por lo que es fundamental mantener el rango de pH. (Gilsanz, 2007, p.15)

Figura 14

Presencia del exceso de minerales



Fuente propia (2021)

Mayo, cuarto mes de observación.

Las plantas presentaron un desarrollo notorio respecto al tallo y sus hojas, presentaron un tallo delgado pero resistente, y ninguna hoja ha presentado contracción o se había secado, existió diferencia entre los tamaños de tallo y sobre el desarrollo de nuevas hojas, pero todos en general presentaron desarrollo, se había presentado granos de sal en los fomis, por el exceso de minerales que estaba presente en el agua potable que se utilizaba para el cultivo, pero se observó una disminución en la cantidad de granos de sal presentes posteriormente.

No se presentó sedimentaciones por tierra, ya que funciono colocar el huerto hidropónico en un cuarto donde se pudo semicontrolar la exposición de aire para evitar estos problemas, pero fue un problema en general la exposición de luz solar, ya que la falta de esta, hizo que las plántulas se alargaran más de lo necesario.

Muchas veces las plantas apenas germinan se estiran y estiran pero sus tallos son muy finos. Esto se debe a que la planta al nacer está buscando el sol y este problema se le conoce como ahilamiento, de tal manera que la planta hace un sobre esfuerzo de energía creciendo en busca del sol hasta que al final se dobla y terminan muriéndose ya que se quedó sin energías, tenemos que tener en cuenta que la semilla tiene la energía que la planta necesita, pero si el tallo se estira más de lo necesario esa energía no será suficiente. (Gilsanz, 2007, p.15)

Figura 15

Ejemplar en desarrollo, sin problemas por exceso de minerales

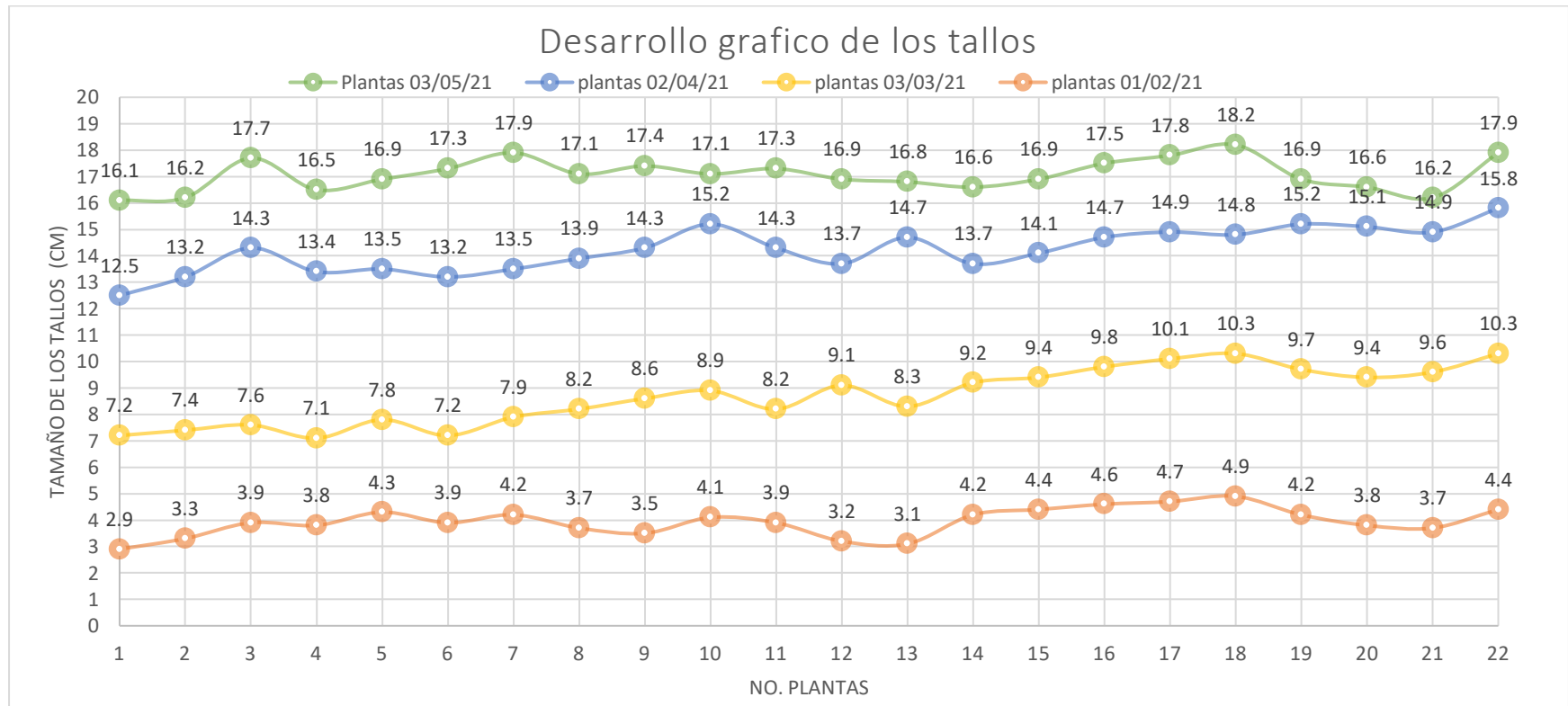


Fuente propia (2021)

A continuación se muestran los análisis estadísticos sobre los desarrollos respecto a los tallos y hojas que presentaron las plántulas.

Figura 16

Desarrolló del tallo durante 4 meses de observación

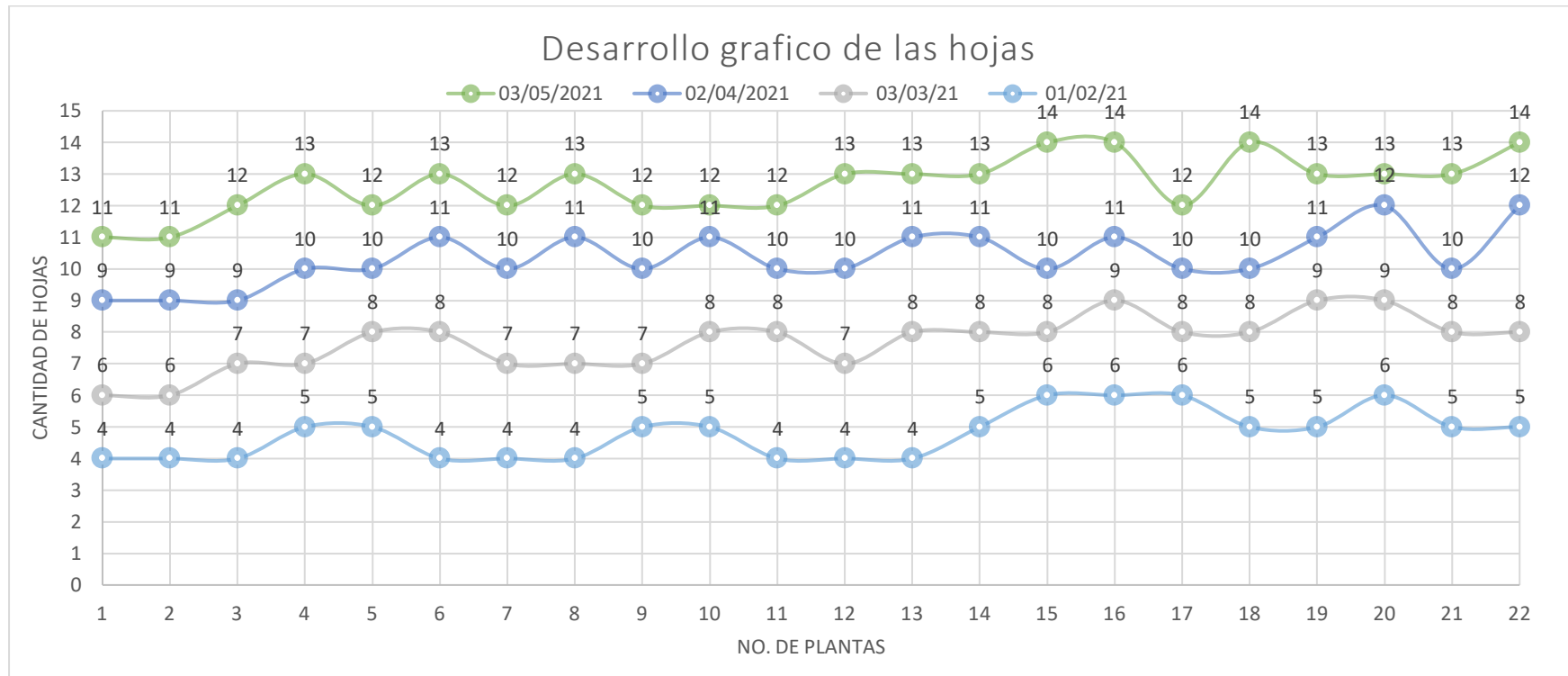


Elaboración propia (2021)

En los desarrollos de las lechugas fue notorio la desigualdad desde un principio respecto a los tallos, por cada observación sometida a las plántulas, en algunos casos, se aceleraba notoriamente el crecimiento, y a comparación de los demás, el desarrollo era lento, entre las primeras dos fechas de observación, pero respecto a la tercera y cuarta observación, las plántulas que habían presentado un desarrollo lento, a largo plazo, se desarrollaron más.

Figura 17

Desarrolló de las hojas durante 4 meses de observación



Elaboración propia (2021)

En las primeras dos fechas de observación respecto al desarrollo de nuevas hojas, se pudo ver que había una similitud entre las plántulas, el crecimiento de nuevas hojas, era similar entre sí, entre 3 a 4 nuevas hojas por cada plántula, pero no todos presentaban el mismo desarrollo, y la desigualdad fue más notoria entre la tercera y primera observación, a partir de ahí, el crecimiento empezó a tener diferencia entre algunas plántulas.

7.2 Análisis de resultados generales

En los resultados se pudo apreciar, el rendimiento que estuvo presentando el sistema fotovoltaico respecto al aprovechamiento de la energía solar para el funcionamiento de la bomba hídrica dentro del huerto hidropónico, desde los primeros días de instalación el sistema presentaba un funcionamiento estable, dirigiendo y almacenando la energía producida por la celda solar, permitiendo durante los 4 meses de cultivo, un suministro proporcionado para los 4 tubos de PVC en donde se encontraban los ejemplares, la fuerza de corriente producida por la bomba de 12 volt, evitaba sedimentaciones que podían ocurrir por la mala mezcla de la solución nutritiva o por partículas de tierra que pudieran llegar a los tubos, durante el proceso de cultivo, la bomba no presentó problemas de saturación en sus filtros, determinado por una corriente constante y fuerte por parte de la celda solar de 10 Watt, el regulador estuvo distribuyendo correctamente la energía a la batería y a la bomba, durante el cultivo no hubo cortos de energía, permitiendo sus ciclos durante la noche sin interrupciones, por lo tanto, el sistema no tuvo ninguna clase de problemática durante el cultivo.

Por otro lado, el cultivo dentro del huerto hidropónico de *Lactuca sativa L. Var. Longifolia* cultivada con la finalidad de producir los alimentos para ser aprovechados por los productores de la vivienda, obtuvieron resultados satisfactorios respecto al desarrollo que se pudieron observar, no todos los ejemplares de lechuga presentaron desarrollos similares a comparación de los demás, algunos presentaban desarrollos lentos y muy pocos significativos entre lapsos de tiempo cortos, a comparación de las otras plántulas, en el mismo tiempo determinado, su desarrollo era rápido y significativo para el estudio que se le estaba aplicando, el desarrollo lento de algunas plántula se debe por el exceso de minerales que había en el agua potable mezclado con la solución nutritiva, por los niveles altos de pH, sin embargo, no hubo pérdidas de las plántulas, ya que se le empezó aplicar otro tratamiento durante su desarrollo, empezaron a dar buenos resultados al cambiar el agua potable por agua purificada y al monitoreando los niveles de pH para determinar la dosis de solución nutritiva universal, a corto plazo, el mineral granulado que se estaba presentando en los fomis de

germinación agrícola, empezaron a desaparecer, gracias a la aplicación que se le estaba dando, las plántulas de poco desarrollo empezaron a desarrollarse, no fue tan espontaneo el desarrollo, pero si se podían notar los cambios, sin embargo, los tallos desarrollados por cada plántula presentaban una imagen poca satisfactoria, ya que consideraba, por verse delgados no soportarían el peso proporcionado por las ramificaciones y hojas desarrollados, pero esto solo fue una hipótesis respecto a los tallos, durante el cultivo ninguna plántula presentó problemas por sus tallos, ninguno se fracturo por el peso que presentaban, por lo tanto, solo fue una hipótesis errónea, por otro lado, las hojas que estuvieron desarrollando las plántulas, en algunos casos, fueron muy lentos respecto al tiempo de observación que le estaba dando, de hecho hubieron plantas que tardaron más de 20 días en desarrollar una hoja nueva, esto fue preocupante al inicio, pero a largo plazo, cada planta presentaba sus desarrollos a su debido tiempo, no hubo ningún ejemplar que hubiera desarrollado solo 3 o 4 hojas en todo el tiempo que se les estuvo aplicando el estudio de observación, pero no era satisfactorio ver ejemplares con tan pocas hojas respecto a las demás, trate de garantizar que cada planta recibiera solución nutritiva durante los ciclos, pero no fue suficiente, a pesar de prolongar los ciclos establecidos para su hidratación y aplicación, a pesar de estos cambios, las plantas fueron desarrollando hojas a su respectivo tiempo, no tuve problemas en la perdida de hojas por sequedad, por las olas de calor que hubo, por plagas u hongos, todas las hojas presentaban una imagen saludable.

Por último, al realizar la comparación entre los ejemplares de *Lactusa sativa L. Var. Longifolia*, mediante los análisis estadísticos de dispersión en cuanto al desarrollo del tallo y hoja, usando como guía el material didáctico de métodos de análisis de datos, fue de mayor ejemplo al ver las diferencias en los desarrollos de los 22 ejemplares, fue muy notorio la desigualdad que hubo entre sus crecimientos, pero fue de ayuda utilizar los resultados de los datos en gráficas para expresar las desigualdades, sin embargo, de las 22 plántulas cultivadas, no hubo pérdidas registradas.

8 Conclusiones

El sistema fotovoltaico que fue utilizado para el aprovechamiento de la energía solar para el funcionamiento de una bomba hídrica, tuvo excelentes rendimientos durante los ciclos que hubo para nutrir a las plantas, no hubo problema alguno respecto al sistema, realmente este tipo de sistemas solares, son muy fáciles de instalar y tienen muy poco porcentaje al sufrir daños, siempre cuando se instalen correctamente.

Por otro lado, al cultivar dentro del huerto hidropónico (*Lactusa sativa L. Var. Longifolia*), no llegó a presentar problemas respecto a plagas u hongos, no hubo necesidad de aplicar plaguicidas o fertilizantes, pero respecto al crecimiento, siempre se debe considerar los niveles de pH, conductividad eléctrica y factores específicos que solicite la especie a cultivar para obtener los mejores resultados, cultivar en hidroponía es muy fácil y práctico, estos métodos implican menos cuidados siempre cuando se anticipen sus recomendaciones para evitar cualquier problema, los sistemas NFT, son muy adaptables para cualquier lugar, pero al mismo tiempo, si no se siguen las medidas de mantenimiento, como todo, se empezara a ver afectado, en estos sistemas se pueden cultivar una gran variedad de hortalizas, existen hortalizas muy grandes, por lo tanto el sistema NFT se debe adaptar a la especie, pero en general, son una opción alternativa para la producción de verduras y frutas para el autoconsumo o ya sea para la comercialización, estos sistema con el paso del tiempo se están desarrollando y mejorando tecnológicamente, por lo tanto, a corto plazo llegarán a sustituir los métodos tradicionales de cultivo.

Sin embargo al realizar la comparación entre los ejemplares de (*Lactusa sativa L. Var. Longifolia*) mediante los análisis estadísticos de dispersión, se observó una diferencia notoria en los desarrollos de los tallos y las hojas que se estaban desarrollando, esto se debe a los problemas de minerales y a la falta de análisis respecto al pH, exposición solar y conductividad eléctrica que demanda tener esta especie, pero al solucionar estos problemas, las plantas no tuvieron dificultades al desarrollarse posteriormente.

9 Recomendaciones

- Colocar el huerto hidropónico en un área que disminuya la exposición a polvos y partículas de tierra suspendidas para evitar sedimentaciones dentro de la tubería.
- Asegurar que la altura de la película interactúe desde un inicio con el fomi agrícola, si no se le coloca la canastilla, se puede poner el fomi directo a la película, pero se tiene que supervisar la fuerza de corriente para evitar que se caiga y dirija a otra tubería.
- Considerar tener canastillas con ranuras para poder colocar piedra volcánica, algún mineral o sustrato sólido alrededor de la planta para mejorar su desarrollo y evitar que pedazos o residuos se dirijan a otras tuberías u obstruya las mangueras de salida hídrica.
- Verificar que la exposición del sol sea igual o muy similar para todos los ejemplares, si no, provocara desarrollos con diferencia en su crecimiento.
- Lavar cada 15 o 30 días el huerto hidropónico para extraer y quitar los sedimentos de tierra u otras partículas acumuladas de polvos no deseados, por cada lavada verificar que no queden residuos de jabón, líquidos o productos que se usen para su lavado.
- Lavar cada 7 o 12 días el panel solar.
- Usar cables de uso rudo para exteriores, para evitar resequeidad de la goma y provoque mal funcionamiento.
- Aplicación de la solución nutritiva universal cada 4 o 7 días, la aplicación puede variar respecto al tipo de hortaliza y su desarrollo que demande.
- Medir los niveles de pH, diariamente
- Las plantas deben de tener buena exposición solar, entre 6 a 8 horas
- Medir la conductividad eléctrica

10 Referencias

Espinoza, N. G. (2012). Producción hidropónica de dos variedades de acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*) con tres soluciones nutritivas. La paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.

Hernández, J. H. (2005). Valoración productiva de lechuga hidropónica con la técnica de película de nutriente (NFT). Tamaulipas: Centro de biotecnología Genómica del IPN.

Lamigueiro, O. P. (2018). Energía Solar Fotovoltaico. México: Creative Commns.

Lendechy, D. H. (2017). Sistema hidropónico para auto-consumo en restaurantes del estado de Puebla. Puebla, México: Universidad Iberoamericana de Puebla.

López, A. C. (2016). Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado, alimentado por un sistema fotovoltaico para cultivo hidropónico en una planta piloto. Vicente, Quero, Ecuador: Escuela superior politécnica de Chimbarazo.

Peralta, L. B. (2014). Manual de producción hidropónica para hortalizas de hoja en sistema NFT. Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica.

Reinoso, L. F. (2017). Automatización de un cultivo hidropónico NFT para el control de temperatura, riego y mezcla de la solución nutritiva. Quito: Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito.

Santos, F. V. (2001). Aprovechamiento de agua de lluvia en la producción hidropónica de lechuga (*Lactuca Sativa* L.). Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Gómez, H. (2013). Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L), bajo el sistema nft, con tres soluciones nutritivas.

RECUPERADO: [http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23421/1/Tesis-136 Ingeniería Agronómica -CD 413.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23421/1/Tesis-136%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20CD%20413.pdf)

González, R. (2008). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Centro de Estadística Agropecuaria. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

Ortiz, S. (2017). Producción y calidad de forraje verde hidropónico de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa*).

Gilsanz, J. C. (2007). Hidroponía. Uruguay. Instituto nacional de investigación agropecuaria.