

Evaluación de la producción de lechuga hidropónica con captación de agua lluvia, como alternativa de seguridad alimentaria en la vereda merchán del municipio de Saboya

Johann Hernán Martínez Laiton

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia UNAD

Escuela De Ciencias Agrícolas Pecuarias Y Del Medio Ambiente ECAPMA

Tecnología En Producción Agrícola

CEAD Chiquinquirá

Mayo 2023

Evaluación de la Producción de lechuga hidropónica con captación de agua lluvia, como alternativa de seguridad alimentaria en la vereda merchán del municipio de Saboya

Johann Hernán Martínez Laiton

Asesor

Manuel Torres Torres

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia UNAD

Escuela De Ciencias Agrícolas Pecuarias Y Del Medio Ambiente ECAPMA

Tecnología En Producción Agrícola

CEAD Chiquinquirá

Mayo 2023

Dedicatoria

La culminación de este trabajo y mi formación académica como tecnólogo en producción agrícola, está dedicada principalmente a DIOS, por permitirme la vida y la salud para culminar este peldaño de mi vida, también este trabajo está dedicado a mis familiares que han sido participes en este proceso de formación, así mismo a los docentes que he tenido durante mi proceso académico, principalmente el profesor Manuel torres torres.

Agradecimientos

Agradecer a DIOS por haberme permitido esta oportunidad, a mi papá y mamá por apoyarme durante todo mi proceso académico de diferentes maneras, a mis hermanas que me ayudaron cuando tuve dificultades, en lo académico agradezco a la universidad nacional abierta y a distancia UNAD, por ofrecer el programa cursado y en la modalidad virtual, ya que me es fácil tomarlo y trabajar al mismo tiempo, optimizando mi tiempo, y organizando el tiempo de estudio a mi manera, también agradezco a todos los docentes que han participado durante mi formación académica, principalmente a los docente y monitores del CEAD Chiquinquirá, agradezco inmensamente al docente Manuel Torres Torres, por haberme acompañado durante todo mi proceso académico, por haberme ayudado para desarrollar este trabajo de grado y muchos otros trabajos académicos.

Resumen

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo en el municipio de Saboya Vereda Merchán, donde surgió la necesidad de optar por la alternativa de la hidroponía, para contrarrestar la problemática presentada en la región, la cual es, falta de producción de alimentos de calidad, inocuos con aprovechamiento de los recursos para mantener una seguridad alimentaria, que enmarca diversos factores por la cual se esté presentando. Se plantea como una alternativa de solución a la problemática presentada la hidroponía, especialmente en este proyecto la producción hidropónica de lechuga, utilizando el agua lluvia. Con esta alternativa se busca la reducción de los malos efectos que produce la agricultura tradicional al medio ambiente. En el proyecto se buscó información hidropónica, que pudiera servir de base para la construcción del proyecto, de esta manera se pudieron conocer todos elementos necesarios para la construcción del sistema hidropónico, así mismo se conoció cual es el manejo y cuáles son los factores para tener en cuenta en la hidroponía. Con lo anterior se diseñó y se estableció el sistema hidropónico del proyecto, conformado por 16 tubos de cultivo y la capacidad de albergar 480 plantas, y conformado también de todos los elementos necesarios para su funcionamiento y automatización, de esta manera se pudieron conocer los costos reales para el establecimiento del sistema hidropónico, todos sus materiales y elementos necesarios. Finalmente se obtuvo un plan de producción para la lechuga hidropónica desde la siembra hasta la cosecha y postcosecha donde se ven todos los pasos que se deben hacer durante todo el proceso de producción de lechuga hidropónica.

Palabras clave: Hidroponía; sistema hidropónico; aprovechamiento de los recursos, alimentos inocuos.

Abstract

The development of this project was carried out in the municipality of Saboya Vereda Merchán, where the need arose to opt for the hydroponics alternative, to counteract the problems presented in the region, whose problem presented is the lack of quality food production, innocuous with the use of resources to maintain food security, which frames various factors for which it is being presented. Hydroponics is proposed as an alternative solution to the problems presented, especially in this project the hydroponic production of lettuce, using rainwater, with this alternative the reduction of the bad effects that traditional agriculture produces on the environment is sought. In the project, hydroponic information was sought, which could serve as a basis for the construction of our project, in this way all the necessary elements for the construction of the hydroponic system could be known, as well as what is the management and what are the factors for take into account in hydroponics. With the above, the hydroponic system of the project was designed and established, made up of 16 cultivation tubes and the capacity to house 480 plants, and also made up of all the necessary elements for its operation and automation, in this way the costs could be known. real for the establishment of the hydroponic system, all its materials and necessary elements. Finally, a production plan for hydroponic lettuce was obtained from planting to harvest and post-harvest where all the steps that must be done during the entire hydroponic lettuce production process are seen.

Keywords: Hydroponics; hydroponic system; use of resources; safe food.

Tabla de contenido

Introducción	14
Planteamiento del problema.....	16
Justificación	18
Objetivos.....	20
Objetivo General	20
Objetivos Específicos.....	20
Marco conceptual.....	21
Producción.....	21
Lechuga.....	21
Producción de lechuga.....	21
Hidroponía.....	21
Lechuga hidropónica.....	22
Solución nutritiva.....	22
Agua.....	22
Captación de agua lluvia.....	23
Antecedentes.....	23
Tipos de sistemas existentes para la producción de lechuga.....	24
Sistema raíz flotante.....	24
Sistema NFT.....	25

Sistema NFT horizontal	25
Sistema NFT piramidal	26
Sistema NFT mixto	27
Sistema hidropónico aeropónico	27
Beneficios de la hidroponía.....	28
Marco contextual	30
Localización	30
Descripción del proyecto.....	31
Análisis de la lechuga hidropónica en Colombia.....	32
Metodología	34
Materiales necesarios para la construcción, adecuamiento y funcionamiento del sistema hidropónico.....	34
Materiales necesarios para la construcción del sistema de captación de agua.....	36
Metodología de la construcción del sistema hidropónico	37
Construcción de la estructura o pirámides.....	37
Perforación de la tubería.....	39
Amarre de tubos a la estructura	40
Realización del sistema de alimentación	41
Realización del sistema de drenaje	42
obtención un sistema hidropónico	45

Producción de lechuga en el sistema hidropónico realizado.....	46
Descripción de los materiales y equipos necesarios para la producción de lechuga hidropónica.....	47
Proceso de producción de lechuga hidropónica	50
Siembra.....	50
Desarrollo vegetativo en almácigos.....	52
Trasplante y desarrollo en el sistema hidropónico	53
Cosecha.....	59
Postcosecha.....	60
Comercialización	62
Resultados	64
Costos que fueron necesarios para la construcción del sistema hidropónico.....	64
Costos de los materiales y equipos de producción.....	66
Costos de producción para una cosecha de 480 lechugas en el sistema hidropónico realizado.....	68
Consumo de agua en la producción de 480 lechugas en hidroponía.....	70
consumo total del cultivo.....	74
Plan de producción de lechuga hidropónica.....	76
Rentabilidad del proyecto.....	78
Resultado ambiental	79

Conclusiones	81
Recomendaciones	82
Referencias bibliográficas.....	83

Lista de figuras

Figura 1. Sistema hidropónico raíz flotante.....	24
Figura 2. Sistema hidropónico NFT horizontal.....	26
Figura 3. Sistema hidropónico NFT piramidal.....	27
Figura 4. Sistema hidropónico aeropónico.....	28
Figura 5. Vista satelital de la finca en el año 2016 imágenes de Google.....	30
Figura 6. Estructura de madera formando el triángulo.....	38
Figura 7. Estructura de madera formando dos pirámides para el sistema hidropónico.....	38
Figura 8. Perforación de la tubería.....	39
Figura 9. Tubería después de las perforaciones.....	40
Figura 10. Tubería colocada y amarrada hacia la estructura piramidal.....	41
Figura 11. Sistema de alimentación o distribución de la solución nutritiva.....	42
Figura 12. Tapas y manguera de drenaje encargadas de la recirculación.....	43
Figura 13. Sistema de recirculación completo.....	44
Figura 14. Sistema de retorno al tanque.....	44
Figura 15. sistema hidropónico elaborado, en producción.....	46
Figura 16. Bandejas de germinación sembradas.....	51
Figura 17. Bandejas de germinación en la piscina de almácigos.....	52
Figura 18. Lavado de la plántula en agua.....	55
Figura 19. Plántulas recién trasplantadas.....	55
Figura 20. Una semana después del trasplante.....	57
Figura 21. Dos semanas después del trasplante.....	57
Figura 22. Tres semanas después del trasplante.....	58

Figura 23. Cuatro semanas después del trasplante.....	58
Figura 24. Quinta semana después del trasplante.....	59
Figura 25. Lechuga recién cosechada.....	60
Figura 26. Lechuga embolsada en capuchón biodegradable.....	61
Figura 27. Producto en canastillas.....	61
Figura 28. Consumo de solución nutritiva en almácigos.....	72
Figura 29. Consumo de solución nutritiva en el desarrollo en el sistema hidropónico	73
Figura 30. Consumo total de la lechuga hidropónica.....	75
Figura 31. Plan de producción de lechuga hidropónica.....	77

Lista de tablas

Tabla 1. Costos de materiales y equipos del sistema hidropónico.....	65
Tabla 2. Precios de los materiales y equipos utilizados en la producción de lechuga hidropónica.....	66
Tabla 3. Productos compra única para la producción hidropónica.....	67
Tabla 4. Costos de producción reales para una cosecha de 480 lechugas hidropónicas.....	68
Tabla 5. Costos de producción utilizando espumas de colchón usado.....	69
Tabla 6. Datos de consumos recolectados en tres cosechas.....	70
Tabla 7. Consumo total de la lechuga hidropónica 480 plantas.....	74

Introducción

La producción de alimentos realizada de la manera tradicional y más que todo con el mal uso de las prácticas, ha traído consigo que se vengán presentando y se vaya a presentar aún más fuerte problemas medio ambientales, así mismo que muchas de las tierras hoy dedicadas a la agricultura se estén degradando constante-mente por el uso inadecuado de estas prácticas agrícolas, según lo relata la FAO, (2002) la agricultura utiliza dos tercios del agua utilizada por la humanidad, donde la agricultura es la principal contaminante del recurso hídrico, por los diferentes productos químicos que se utilizan en esta práctica, la FAO, (2002) igualmente comenta que la agricultura tradicional a largo plazo pero que ya se están viendo sus efectos también se afecta a sí misma, puesto que se están dando procesos de degradación de los suelos, salinización, entre otros, lo que reducirían notablemente el rendimiento de los cultivos.

Asemejándose un poco a lo antes mencionado, en el área de influencia del CEAD Chiquinquirá de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, más específicamente en la vereda Merchán del municipio de Saboya, se presenta una problemática, la cual posiblemente se esté presentando en muchas otras regiones, dicha problemática trata de la falta de producción de alimentos de calidad, inocuos con aprovechamiento de los recursos para mantener una seguridad alimentaria, esta problemática se presenta por las malas prácticas de la agricultura tradicional, un uso inadecuado de productos agroquímicos provoca que las plagas y enfermedades creen resistencia, disminuyendo la calidad de los productos, además la utilización de estos productos químicos, reduciendo la inocuidad de los productos, también se cuenta con otras pequeñas problemáticas que impiden que se produzca alimento de una manera sostenible.

Teniendo en cuenta la situación presentada, se plantea un proyecto donde la hidroponía se utiliza como una alternativa de solución al problema presentado, o que esta alternativa pueda reducir dichos efectos que tiene la agricultura tradicional, puesto que la hidroponía es una manera de producir alimentos especialmente de hoja y algunos pequeños frutales, de una manera totalmente diferente a la tradicional, pero que trae consigo una serie de beneficios, especialmente ambientales, también beneficios en la producción constante de alimentos, y principalmente busca la producción limpia del alimento sin utilización de productos agroquímicos.

Se realizó el diseño y la implementación del sistema hidropónico para la producción del cultivo de lechuga, con la utilización del agua lluvia que se capta y recolecta de un techo, para así generar un mejor aprovechamiento de los recursos, el sistema utilizado fue un sistema NFT mixto, realizado de una manera piramidal, donde se tiene la capacidad de soportar 480 plantas al mismo tiempo.

El manejo de un cultivo hidropónico es diferente al tradicional, no se requiere de mucho trabajo, pero se requiere de una inspección diaria, para el cultivo de lechuga se tiene un plan de producción que parte desde la siembra hasta la cosecha, para lo cual es necesario de diferentes labores a realizar.

Con el desarrollo del proyecto y la finalización de este, se han obtenido buenos resultados, en cuanto a la problemática que se busca reducir y/o eliminar, se muestran resultados en el aprovechamiento del espacio, buen uso del suelo, buen uso y aprovechamiento del agua, y reducción de la contaminación por cero usos de productos agroquímicos.

Planteamiento del problema

Se identifico una problemática en el municipio de saboya Boyacá y en toda la zona de influencia del CEAD Chiquinquirá, de la universidad nacional abierta y a distancia UNAD, la cual es “falta de un mejor aprovechamiento del recurso hídrico y producción de un alimento inocuo”. “El constante crecimiento de la población mundial cada vez más exige un aumento en la producción de alimentos, para lograr mantener una seguridad alimentaria” (Grupo Banco Mundial, 2021), los cuales deben ser de calidad e inocuos para que no se afecte de alguna manera la salud del consumidor, en la agricultura tradicional o llamada convencional, desarrolla por la revolución verde, se presentan diferentes problemas como lo son, la falta de producción de alimentos de calidad, la presencia y ataque de diferentes plagas y enfermedades a los cultivos no permiten que se produzca alimentos de calidad en mayores cantidades, el agricultor para procurar que alguna parte de su producción no se vea afectada por las plagas y las enfermedades, tiende a utilizar en su gran mayoría productos agroquímicos, para los cuales se les da un mal uso, excesivo e indiscriminado, Asela M. del Puerto Rodríguez (2014), relata “el mal uso de los productos agroquímicos en la agricultura, genera grandes problemas ya sean ambientales o de seguridad al consumidor”, debido a que la producción no es muy limpia y puede afectar su salud, así también de seguridad en la salud del manipulador de los mismos.

En esta agricultura tradicional se da un mal aprovechamiento de los recursos (hídricos y de suelos), el agua no se encuentra todo el tiempo disponible para la producción agrícola, este es un recurso que esta frecuente en épocas de lluvia o épocas frescas, y en épocas de verano no contamos con agua para la utilización en la producción de los diferentes cultivos, debido a que las reservas están vacías ya que anteriormente le hemos dado un mal aprovechamiento en riegos y otros, las reservas de agua disponible que hay son de mala calidad debido a la mano humana,

las reservas naturales como bosques han sido deforestadas en gran parte como lo relata la FAO (2002), “por los problemas de disponibilidad de agua en algunas épocas, se tiene como resultado la no producción continua de alimentos”, ya que en las épocas de disponibilidad de agua se podrán producir y en las épocas de escasez de agua no habrá la manera de producirlos, por lo que se puede ver afectada la seguridad alimentaria, la agricultura tradicional con un mal desarrollo de sus prácticas, “ha traído el mal uso de los suelos, los cuales vienen sufriendo algún tipo y grado de degradación a causa del manejo que se les da, por lo cual tienden a perder su fertilidad y la capacidad de producir y sostener un cultivo” (agronet, 2019).

Además de los problemas antes mencionados, se suma la falta de asesoría técnica, que permita la implementación de otras alternativas de sistemas para el desarrollo de cultivos sostenibles, donde se generen un mejor aprovechamiento de los recursos “hídricos y de suelos”, una producción sana de alimentos con calidad etc. Estas causas ya mencionadas provocan que se esté generando esta problemática de seguridad alimentaria, ya que no se produce un alimento sano y de calidad, de manera constante, aprovechando de la mejor manera los recursos naturales.

Justificación

La hidroponía no es una técnica nueva, esta se utilizaba hace miles de años en los jardines colgantes de babilonia, siendo utilizada para la producción agrícola desde hace unos pocos años, cuando el señor William Frederick Gericke realizó diferentes experimentos para la producción de diferentes cultivos en la técnica hidropónica Gimenez (2015), hasta el momento la producción hidropónica ha venido creciendo por sus beneficios que aporta a la producción de alimentos de manera más rápida, en mayor cantidad, más sanos, sin utilización de agroquímicos y ahorro de agua para su producción entre muchos otros beneficios en comparación con la producción tradicional en suelo.

Este proyecto se enfoca en la producción hidropónica de lechuga con la utilización del agua lluvia captada de un techo, almacenada y utilizada para la producción continua en épocas del año de no presencia de agua, es muy importante para la solución de la problemática presentada ya que este influye en la producción de alimentos de calidad, sanos e inocuos, donde se tiene un buen manejo y el uso racional del agua, en el cultivo hidropónico el suelo es utilizado únicamente como soporte de la infraestructura del sistema, donde no se degrada el suelo, no se contamina y donde se tiene un mejor aprovechamiento del espacio de cultivo, también es aporte para la producción de alimento continuo para contribuir con la oferta de alimento y así mejorar la seguridad alimentaria de la población.

El proyecto ofrece oportunidades para la generación de un nuevo conocimiento y nuevas alternativas de producción agrícola en la región ya que este método de producción no es común en la región, lo que también generará un desarrollo social y económico para la comunidad que se observó en este proyecto y se adoptó estas técnicas para mejorar su producción y aprovechar de

una mejor manera el recurso hídrico y además el espacio con que se cuenta, se puede la producción hidropónica no solo de la lechuga, sino la producción de los diferentes cultivos que se pueden adaptar y producir en esta técnica, se pueden producir más cantidad de alimento en menos espacio, aumentando la densidad de plantas, donde la producción hidropónica es ideal para pequeños espacios como lo relata (mypot.eu 2015) en su blog donde dice que una de la ventajas de la hidroponía es el aprovechamiento del espacio, según el tipo de sistema implementado se puede aprovechar 10 veces más.

El proyecto brinda la oportunidad de conocer y aprender, otra manera de producir alimentos, la cual es distinta a la manera tradicional, en cuanto a su manejo y su manera de producción, el proyecto también servirá como base para cambiar un poco la manera de cultivar, enfocándose un poco más en una agricultura orgánica, dejando un poco a un lado la agricultura convencional, donde se aprenderá a cuidar y aprovechar de una mejor los recursos naturales, este también contribuye en algo al desarrollo económico de mi región y sus habitantes, ya que esta alternativa de cultivo también reduce los gastos de producción, lo que generará un mejor y continuo ingreso económico, a los interesados en producir alimentos implementando la técnica de cultivo observadas en este proyecto “la hidroponía”.

Objetivos

Objetivo General

Implementar un sistema hidropónico con la utilización del agua lluvia para la producción del cultivo de lechuga, como una alternativa que busque el aprovechamiento de los recursos hídricos y la producción de alimentos inocuos.

Objetivos Específicos

Realizar una indagación acerca de todos los elementos y condiciones necesarias para el establecimiento de un cultivo hidropónico.

Establecer con toda la infraestructura, materiales y elementos necesarios, un sistema hidropónico, para el desarrollo y producción de lechuga hidropónica.

Aprovechar el agua lluvia utilizándola en la producción de lechuga bajo el método de cultivo hidropónico.

Producir lechuga hidropónica, obteniendo un cultivo aislado de plagas y enfermedades evitando la utilización de agroquímicos, obteniendo un alimento inocuo.

Marco conceptual

Producción

Es la elaboración o la fabricación de algún producto en la industria, la producción tiene consigo la realización de diferentes funciones físicas, para transformar materias primas en productos o servicios, en la agricultura la producción es el conjunto de productos que da la tierra como alimentos, por ejemplo, en árbol de manzana su producción son las frutas o manzanas que se cosechan (López, 2021).

Lechuga

La lechuga es una hortaliza anual herbácea, cultivada para el consumo de sus hojas en ensalada, existen diferentes variedades de lechuga en sus tres tipos de lechuga existentes, de cabeza arrepollada crespa, de cabeza suave y de hojas sueltas, según la variedad de la lechuga esta se puede adaptar a diferentes climas, habiendo variedades de clima frío, cálido y templado (Hena Sandoval, 1896).

Producción de lechuga.

La producción de lechuga es la actividad agrícola que se encarga del cultivo, manejo y cuidado de la lechuga, donde se le provee las condiciones necesarias y adecuadas para el correcto desarrollo de la planta, para ofrecer un producto al consumidor, en este caso ofrecer la lechuga o las hojas de lechuga para el consumo humano (CIATA, 1998).

Hidroponía

¿Qué es la hidroponía? Según (Giménez, 2015) la hidroponía es una técnica de cultivo sin suelo, donde es posible principalmente cultivar hortalizas de tipo herbáceo, en la hidroponía las plantas están en contacto directo con el agua la cual cuenta con todos los nutrientes

necesarios y en las cantidades exactas para ser utilizados por las plantas para su nutrición y desarrollo, lo que permite obtener un crecimiento y desarrollo más rápido, una mejor calidad y sanidad de la producción y un mejor aprovechamiento de los recursos como el agua, la palabra hidroponía proviene del griego “HIDRO y PONOS” donde HIDRO significa agua y PONOS significa labor o trabajo, lo que hace referencia al trabajo en agua (holandés, 2016).

Lechuga hidropónica

La lechuga hidropónica es toda lechuga que ha sido o es cultivada en un sistema hidropónico donde se diferencia de la lechuga normal cultivada en tierra la cual le provee algunos nutrientes, para la lechuga hidropónica se le proporcionan los nutrientes los cuales estarán en el agua llamada en hidroponía como solución nutritiva, en la cual la planta está en contacto por medio de sus raíces (VOS, 2021).

Solución nutritiva

La solución nutritiva según INTAGRI. 2017, es un medio acuoso en el cual se le han agregado todos los elementos nutricionales necesarios para el desarrollo de las plantas, estos elementos están disueltos en las cantidades necesarias de acuerdo con los requerimientos nutricionales de las plantas, unas cantidades diferentes de acuerdo con la especie cultivada, la solución nutritiva es la principal fuente nutritiva para los cultivos establecidos en sistemas hidropónicos.

Agua

El agua es una sustancia la cual está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, su fórmula química es H_2O , el agua se encuentra en tres estados líquido, sólido y gaseoso (valdivelso, 2021).

Captación de agua lluvia

La captación de agua lluvia es todo tipo de sistema o ingenio utilizado para recolectar el agua que cae cuando se producen un evento lluvioso para poder almacenarla y que esta sea utilizada para diferentes usos (rotoplas, 2018).

Antecedentes

La producción de lechuga hidropónica es una técnica que se ha venido desarrollando desde hace varios años, en la actualidad ya existen muchos proyectos hidropónicos implementados por sus beneficios que traen, Auxprotec (2017) en su publicación nos relata algunas de las ventajas que trae consigo la implementación de cultivos hidropónicos, entre estas ventajas encontramos, las lechugas son más ecológicas, más sanas e inocuas y su inversión se amortiza pronto, por su parte Perilla (2019) en su trabajo de grado desarrollado en el municipio de Carmen de carupa Cundinamarca, donde nos muestra otras ventajas que permiten el ahorro en los costos de producción y manejo de la lechuga estas ventajas según Perilla (2019) son ausencia de malezas, poca incidencia de plagas y enfermedades, fácil control con métodos culturales o biológicos si llegasen a presentar, ahorro en agua y fertilizantes, altos rendimientos por unidad de superficie.

La producción hidropónica de lechuga y de otros cultivos es una técnica eficiente de producir alimento de manera continua, ahorrando dinero en los costos de producción, obteniendo mayor cantidad y calidad de los productos en un espacio menor, siendo la hidroponía una técnica que se puede implementar en las azoteas urbanas para la producción de su propio alimento, ocupando un pequeño espacio como no lo muestra Barona (2020) en su proyecto de grado donde se implementan sistemas hidropónicos en las azoteas de las construcciones urbanas en el

municipio de puerto tejada, para que las familias produzcan algunas hortalizas para su alimentación cotidiana.

Tipos de sistemas existentes para la producción de lechuga

Existen diferentes tipos de sistemas hidropónicos para la producción de lechuga, los más utilizados en este cultivo son el sistema raíz flotante, NFT, aeroponía, entre otros.

Sistema raíz flotante

Rosa Pertierra Lazo (2021) en su análisis económico realizado al cultivo de lechuga en la provincia de santa elena, nos muestra como está conformado un sistema hidropónico raíz flotante, el cual trata de una cama o embalse el cual cuenta con solución nutritiva, y sobre esta solución nutritiva permanecen flotando algunas láminas en su mayoría de unicel dónde están sujetas las plántulas de lechuga con la raíz en contacto con el agua, dentro del embalse que contiene la solución nutritiva debe haber un sistema de aireación para mantener la solución nutritiva con la cantidad de oxígeno necesaria (verdegen, 2017).

Figura 1

Sistema hidropónico raíz flotante.



Nota. Sistema raíz flotante permite todo el tiempo el contacto de la raíz con la solución nutritiva. Tomado de (cultivohidroponico.info, 2018)

Sistema NFT

Otro tipo de sistema hidropónico el cual es el más utilizado en la producción hidropónica de lechuga y de otros cultivos es el NFT, en sus siglas en inglés que significan (Nutrient Film Technique) que traducido al español significa “la técnica de la película de nutriente”, hydroenv (2021) relata en su página web dedicada a la hidroponía, el sistema NFT se trata del cultivo en tubería o canales de PVC, donde la solución nutritiva es recirculada desde el tanque de almacenamiento por medio de una bomba, realizando su paso por los tubos de cultivo con el fin de mantener una temperatura fresca de la solución nutritiva y una correcta oxigenación, mediante el sistema NFT la solución nutritiva permanece circulando del tanque a los tubos de cultivo y retornando nuevamente mediante un sistema de retorno al tanque (BASTERRECHEA, 2014), en el sistema NFT podemos encontrar dos formas de establecer este sistema como lo menciona (Sánchez, 2020), donde podemos encontrar el sistema NFT horizontal o piramidal.

Sistema NFT horizontal

El sistema NFT horizontal trata de la construcción de camas o una infraestructura plana, donde se instalan los tubos de cultivo formando un eje horizontal, este se utiliza para ahorrar materiales y costos de establecimiento.

Figura 2

Sistema hidropónico NFT horizontal.



Nota. Se muestra cómo se observa un sistema hidropónico NFT horizontal, permite mayor facilidad en las labores.

Tomado de (intagri, 2015)

Sistema NFT piramidal

El sistema piramidal, se necesita una estructura más grande realizada de manera triangular donde se ubican los tubos y forman una pirámide (Sánchez, 2020), este sistema permite establecer un número mayor de tubos en el mismo espacio de un sistema horizontal, por lo que el espacio se aprovecha de una mejor manera conteniendo una mayor densidad de plantas

Figura 3

Sistema hidropónico NFT piramidal.



Nota. Se observa cómo están constituidos los sistema hidropónicos NFT piramidal, permiten mejor aprovechamiento del espacio. Tomado de (gruporuizperu, 2019)

Sistema NFT mixto

El sistema hidropónico NFT mixto integra en uno solo dos tipos de sistemas el NFT y la raíz flotante, es decir en este se utilizan los tubos y en estos se mantiene un cierto nivel de solución nutritiva para que la raíz siempre este en contacto con esta, con el fin de brindar a las plantas solución nutritiva todo el tiempo, cuando haya fallas de energía que no permitan el funcionamiento del sistema de bombeo y recirculación (Hidroponia Acuaponia Peces y mas, 2020)

Sistema hidropónico aeropónico

el sistema aeropónico fue desarrollado en el país de Italia en la universidad de PIA, por el doctor Franco Massantini (geaseeds.com, 2018), este tipo de sistemas hidropónicos es uno de los más profesionales, este según geaseeds.com (2018) funciona de la siguiente manera: las plantas están sujetas o colgando en una rejilla, donde las raíces de las plantas no están sumergidas en el

agua sino mediante un sistema de rociado o nebulización se les proporciona el agua y los nutrientes cada cierto tiempo, una de las más importantes ventajas de este sistema es la aireación y oxigenación radicular, en este sistema se tiene una mejor aprovechamiento del agua, algunas cosas importantes a mencionar de esta sistema es que si falla el servicio de energía, de manera rápida se debe buscar la forma de continuar con las nebulizaciones, ya que las raíces rápidamente se podrían secar y la planta sufrir un estrés hídrico incluso la muerte en poco tiempo.

Figura 4

Sistema hidropónico aeropónico.



Nota: se observa un sistema aeropónico en la parte radicular, permite una mejor oxigenación. Tomado de (Semillas Low Cost , 2019)

Beneficios de la hidroponía

Una de las principales características de la hidroponía es el uso eficiente del agua, si bien la principal materia prima para la hidroponía es el agua, en la hidroponía se logra un ahorro del agua, autores como Herrera (2019) y rural (2018) afirman que en la hidroponía se puede ahorrar entre un 50 a un 70% del agua y en algunos casos hasta el 90%, estos autores mencionan que se

da un ahorro del agua ya que no hay pérdidas por evaporación, o filtración, únicamente el agua que se utiliza es para la hidratación y nutrición de las plantas, en este sentido podemos afirmar que la hidroponía aporta al uso eficiente de agua, para un mejor aprovechamiento del recurso hídrico se pueden utilizar las aguas lluvias para la producción de la lechuga hidropónica un ejemplo de esta alternativa no lo muestra SANTOS (2011) en su proyecto dónde realiza una captación del agua y la utiliza en la producción de lechuga hidropónica dende contribuye al aprovechamiento y uso eficiente del agua.

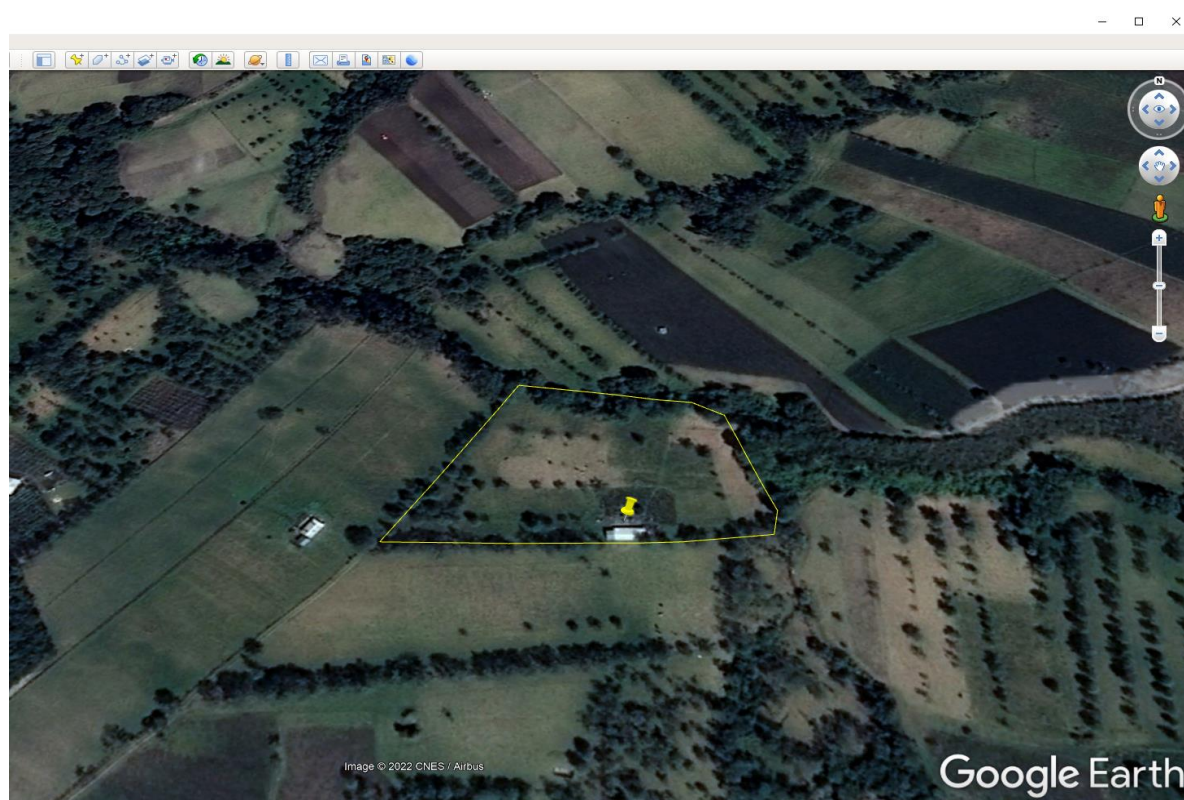
Marco contextual

Localización

Este proyecto se desarrolla en la vereda merchán, sector chebre del municipio de saboya Boyacá, se desarrolla en la finca llamada quebraditas número uno, la cual está ubicada en promedio a 3073 msnm, la finca está georreferenciada por las siguientes coordenadas $5^{\circ}38'03.8''N$ $73^{\circ}41'42.6''W$, obtenidas en (Google maps, 2022)

Figura 5

Vista satelital de la finca en el año 2016 imágenes google.



Nota. Vista satelital del predio donde se desarrolló el proyecto. Tomada de (Google maps, 2022)

Descripción del proyecto

Este proyecto trata de la construcción de un sistema hidropónico, donde se va a utilizar el agua lluvia recolectada mediante un sistema de captación y almacenamiento, instalado en el techo de la casa ubicada en la finca donde se desarrolla el proyecto, el agua se captó durante los tiempos de lluvia de la zona, que en esta son aproximadamente del mes de marzo a aproximadamente mediados de mayo, y de mediados de septiembre a mediados de diciembre, los meses restantes por lo general son de verano sin embargo presentan algunas precipitaciones, las cuales también son captadas y almacenadas, como tal no se tiene una medición para saber cuánta agua se captó por cada evento de lluvia, pero se tiene una recolección diaria de los datos pluviométricos de la precipitación presentada en la finca, con estos y con el área del techo se puede establecer cuánta agua puede ser captada por cada evento, dicha agua será aprovechada en el sistema hidropónico realizado, para la nutrición y producción del cultivo de lechuga *Lactuca sativa*, con la producción de este cultivo con el método hidropónico, el suelo únicamente es utilizado para soportar la estructura donde estará sujeto el sistema hidropónico, por lo que a este no se le provocará algún tipo de degradación ya que el cultivo no se desarrolla en el mismo, además con el sistema hidropónico se busca aprovechar de una mejor manera el espacio, así como el agua utilizada, ya que en estos sistemas no habrán pérdidas por evaporación, filtración, percolación, únicamente se usa el agua que utiliza la planta para su nutrición e hidratación, con este proyecto se busca la producción de productos sanos, libres de la utilización de productos agroquímicos para el control de plagas, enfermedades, puesto que en los sistemas hidropónicos se reducen las probabilidades de la aparición de algunas de estas, porque el cultivo se aísla del suelo, donde existe la presencia de estos factores, y se realiza un control cultural efectivo con una serie de prácticas constantes a poner en marcha en el sistema, con lo anterior el proyecto busca la

producción de alimentos sanos, de calidad, de una manera continua, y aprovechando de la mejor manera los recursos, el sistema hidropónico que se va a utilizar es el NFT mixto, con una capacidad de soporte para 480 plantas de lechuga.

Análisis de la lechuga hidropónica en Colombia.

La producción hidropónica de lechuga es una técnica que cada vez gana más confianza y territorio, por los beneficios que proporciona esta técnica, esta producción se viene realizando en Colombia y otros países, en Colombia la hidroponía llegó en el año 1986, gracias al programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD) como relata aquagrowcolombia, (2023) en su publicación comenta que durante los últimos años la hidroponía ha mostrado tendencia al crecimiento, además que esta técnica es una alternativa para disminuir la escasez de alimentos en el mundo, en Colombia esta técnica ha venido creciendo especialmente en el departamento de Cundinamarca y de Antioquia, aunque actualmente también se desarrollan en otros departamentos, pero lamentablemente no se encuentra información, o datos de la producción de lechuga con esta técnica en Colombia, en las partes de Colombia y de otros países como México y Bolivia, donde se desarrolla esta técnica el sistema más utilizado es el NFT comenta, Puerto Rico Farm Credit, (2022), el cual está conformado por un sistema de almacenamiento de solución nutritiva como un tanque, un sistema de bombeo con algún tipo de bomba según el sistema y su diseño, un sistema de recirculación y retorno como tuberías y mangueras, este sistema se puede desarrollar de manera piramidal o de manera horizontal, este es el más utilizado porque brinda muchas ventajas, como optimización del espacio, automatización, oxigenación, el más fácil de realizar.

Algunas de las cosas a tener en cuenta en la hidroponía son los requerimientos de nutrientes por parte de las plantas, el pH requerido por estas y la conductividad eléctrica de la

solución nutritiva, algunos parámetros recomendados en el caso del pH y la conductividad eléctrica en la hidroponía para el cultivo de lechuga el rango ideal de pH según groho, (2021) el pH ideal para los cultivos hidropónicos debe estar entre el rango de 5.5 a 6.5, siendo el rango ms óptimo de 5.8 a 6.0, para el caso de la conductividad eléctrica hydroenv, (2022) menciona que el rango óptimo de electro conductividad es 0,75 a 2 mS/cm o 750 a 1000 ppm, para medir estos rangos para el caso del pH se utiliza un pH metro digital, y para la electro conductividad, un electro conductímetro, también existen algunos otros equipos para la medición de estos factores muy importantes para la óptima producción hidropónica.

Metodología

En la metodología del proyecto se inició con la consulta bibliográfica de los materiales y equipos necesarios para la construcción del sistema hidropónico, sistema de captación y materiales necesarios para la producción de lechuga hidropónica.

Materiales necesarios para la construcción, adecuamiento y funcionamiento del sistema hidropónico

Para el desarrollo de este proyecto, se requieren diferentes materiales y equipos, para la construcción del sistema hidropónico, y para el manejo del cultivo ya en el sistema hidropónico establecido, con la construcción del sistema hidropónico se tendrá una capacidad para soportar 480 plántulas de manera constante, a continuación, se describen los materiales necesarios los cuales son:

Tubos PVC de 3”: para el sistema NFT son necesarios la utilización de tubos, estos con el fin de dar soporte a la planta, transportar la solución nutritiva, así mismo disponer de la solución nutritiva a el contacto directo con las raíces de las plántulas, estos pueden ser redondos o cuadrados, de 2, 3 o 4 pulgadas, sin embargo, para el cultivo de lechuga se recomienda los de 3 pulgadas, en este caso se utilizaron redondos de tres pulgadas. Los tubos utilizados fueron de color negro ya que este no permite la entrada de luz hacia el interior de estos impidiendo así que se formen algas verdes en la solución nutritiva y que estas afecten el crecimiento de las plantas.

Tapas 3” para tubo redondo: para evitar que el agua se salga del tubo es necesario tapar los dos extremos, para lo cual se utilizan estas tapas.

Estructura de soporte: la estructura de soporte tiene la función como su nombre lo indica de sostener el peso de los tubos, esta puede ser metálica, plástica, de madera u otros, en

este proyecto se utilizaron los recursos de la finca por lo que se utilizó madera para hacer la estructura, en una forma de triángulo ya que el sistema escogido es el piramidal.

Puntilla metálica: esta es utilizada para fijar la estructura, también para sostener los tubos sobre la estructura de madera, utilizamos de cuatro pulgadas.

Manguera lechosa $\frac{3}{4}$: para la entrada y distribución de la solución nutritiva se utiliza la manguera lechosa, ya que es una manguera flexible y resistente.

Tes de $\frac{3}{4}$: para la distribución de la solución nutritiva bombeada se utilizan estas tes para dirigir el agua hacia los lugares deseados.

Llaves $\frac{3}{4}$: para que la solución nutritiva sea distribuida de una manera igual, se controla el flujo con las llaves.

Manguera de drenaje: para que la solución nutritiva retorne nuevamente al lugar de almacenamiento, es necesario utilizar drenajes, en este caso utilizamos la manguera de desagüe o de lavadora, por su flexibilidad, y resistencia a los químicos.

Tanque de almacenamiento: para almacenar la solución nutritiva, utilizamos el tanque plástico de 500L, color negro para evitar la entrada de luz para el desarrollo de algas verdes.

Bandas elásticas para amarre: para amarrar los tubos hacia la estructura de madera es necesario utilizar bandas elásticas, ya que estas proporcionan un adecuado amarre sin dañar los tubos, las bandas elásticas las obtienen de materiales de reciclar, en este caso de las mangueras internas utilizadas en los neumáticos para carros y motos, en este caso se utilizan las que ya han cumplido su ciclo de vida y son desechadas, en este proyecto se les da un uso final.

Silicona de poliuretano: para pegar la manguera de drenaje con las tapas se utiliza la silicona de poliuretano ya que es muy resistente y evita la percolación del agua, la usada es de color negro para combinar con el color de la tubería.

Bomba: para la distribución y recirculación de la solución nutritiva en el sistema hidropónico es necesario de la utilización de algún tipo de bomba, para este proyecto se escogió la bomba sumergible kedsum-D08V045A, es una bomba utilizada para pecera con una buena potencia y con un bajo consumo de energía.

Extensión o cable de alimentación: para transportar la energía eléctrica desde la casa hacia el sistema hidropónico, para el funcionamiento de la bomba, es necesario una extensión para intemperie de 20 metros.

Timer digital: para la automatización de los tiempos recirculación diarios se utilizó un timer digital que permita de una manera automática, realizar la recirculación en los tiempos establecidos con la duración establecida, es decir con el timer programado automáticamente este me puede realizar 10 recirculaciones diarias, cada uno con un tiempo de bombeo establecido.

Materiales necesarios para la construcción del sistema de captación de agua

El sistema de captación se establece en el techo de la casa ubicada en la finca, para así aprovecha el agua lluvia que cae en el techo para captarla y recolectarla, en este caso se utiliza un sistema de captación y almacenamiento proporcionado por la CAR Cundinamarca, en su proyecto “aguas lluvias para la vida” donde se proporcionaron los diferentes materiales para la construcción de estos sistemas, los cuales son:

Canales: son plásticos de 3 metros, de una forma cuadrada y sin una cara, es por esta parte donde se recolecta el agua del techo.

Soportes: son metálicos y tienen la función de sujetar los canales hacia el techo.

Bajantes: es un tubo cuadrado o redondo su función es transportar el agua recolectada, desde los canales hasta el sitio de almacenamiento.

Tanque: es de plástico utilizado para el almacenamiento del agua colectada, en este caso el proyecto incluye un tanque de 1000 litros.

Metodología de la construcción del sistema hidropónico

Para la construcción del sistema hidropónico se inicia con la selección de la parte del terreno donde se va a ubicar el sistema, para lo cual se analizaron los diferentes factores:

- Sector más plano del terreno.
- Sitio de más fácil acceso.
- Lo posiblemente más cercano a la vivienda para el servicio de energía.
- Lo más cerca del sistema de captación y almacenamiento de agua.
- Sitio con una buena entrada de luz para el adecuado metabolismo de las plantas.

Construcción de la estructura o pirámides

Después de analizados los anteriores factores en el terreno se procede a seleccionar el sitio donde se va a establecer el sistema, para lo cual se inicia con la construcción de la estructura, para la construcción de esta, con la madera de la finca se arma una estructura en forma de triángulo, en total cinco por cada pirámide, a una distancia de 1.50 m de triángulo de madera a el otro triángulo de madera, en el sistema que se estableció lo conforman dos pirámides, por lo que es necesario armar con la madera 10 estructuras en forma de triángulo,

estas deben estar correctamente alineadas y niveladas para sujetar los tubos, la estructura desarrollada en el proyecto quedó así:

Figura 6

Estructura de madera formando el triángulo.



Nota. Inicios de la construcción de la estructura de madera formando un triángulo, para realizar pirámides. Elaboración propia.

Figura 7

Estructura de madera, formando dos pirámides para el sistema hidropónico.



Nota. Se forman las dos estructura que ban a ser la base del sistema hidropónico. Elaboración propia.

Perforación de la tubería

Para el anclaje de las plantas y la nutrición de estas, es necesario que los tubos cuenten con orificios donde se va a introducir la raíz de las plantas para que esta pueda alimentarse, como la tubería viene sin perforaciones, es necesario la perforación de estos.

Figura 8

Perforación de la tubería.



Nota. Con la ayuda de un taladro y una broca especial se perfora la tubería. Elaboración propia

Con la ayuda de un taladro acoplado de una broca llamada copa sierra de 2 pulgadas, se hacen los orificios de la tubería, la distancia de orificio a orificio es de 20 cm de centro a centro, una distancia adecuada para que la planta tenga un buen espacio de crecimiento y buena aireación, el proceso correcto para la realización de los orificios en la tubería es la utilización del taladro acoplado con la broca en reversa y a toda velocidad, para evitar que se destruya la tubería, si lo realizamos con el taladro con la velocidad hacia adelante la broca por el tamaño de sus dientes puede destruir la tubería, ya realizados los orificios a la tubería quedaría así:

Figura 9

Tubería después de las perforaciones.



Nota. Tubería perforada lista para el cultivo hidropónico. Elaboración propia.

Amarre de tubos a la estructura

A los dos lados de la estructura se deben sujetar los tubos, estos los colocamos a una distancia de 30 cm de tubo a tubo, medidos de una manera diagonal sobre la estructura piramidal, el proyecto se realizó con 16 tubos, en dos pirámides, cada pirámide con 8 tubos, cuatro a un lado de la pirámide y cuatro hacia el otro lado.

Para soportar los tubos, se clavan las puntillas a la estructura de madera, con la distancia ya antes mencionada, sobre estas puntillas se colocan los tubos y se sujetan con las bandas elásticas para proporcionar un amarre hacia la estructura, así evitar que estos se puedan caer y romperse.

Figura 10

Tubería colocada y amarrada hacia la estructura piramidal.



Nota. La tubería se amarra hacia la estructura para que esta la sostenga. Elaboración propia.

Realización del sistema de alimentación

para la alimentación del sistema hidropónico o el bombeo de la solución nutritiva es necesario de la construcción de un sistema de distribución de la solución nutritiva desde el tanque de almacenamiento hacia los tubos de cultivo, sumergida en el tanque esta la bomba utilizada, a la bomba se conecta una manguera lechosa de $\frac{3}{4}$ pulgadas, esta se dirige de manera vertical desde el tanque o de la bomba, hacia el nivel de los tubos más altos, a ese nivel mencionado se coloca a la manera una te, que nos distribuya el agua hacia los dos lados, donde a cada lado está ubicada una pirámide, luego de la primera se te agregan a los dos lados de esta una llave, que nos permita cerrar o abrir el flujo de solución nutritiva hacia cada una de las pirámides, a un metro de la primera te, hacia los dos lados se agrega la segunda te, donde esta alimenta los primeros dos tubos, cada tubo un lado de cada pirámide, la manguera continua desde esta te, 70 cm hacia el otro tubo ubicado al otro lado de la pirámide, donde alimenta otro

tubo y por consiguiente el otro lado de la pirámide, en medio de este tramo mencionado se agrega otra llave para controlar que el flujo de solución nutritiva sea igual hacia los dos lados de la pirámide, con el sistema de distribución se alimenta dos tubos de cada pirámide, en total cuatro tubos en el sistema, cada tubo tiene la función de alimentar a los tres restantes de cada lado, el sistema de alimentación quedaría así:

Figura 11

Sistema de alimentación o distribución de la solución nutritiva.



Nota, alimenta el sistema hidropónico con solución nutritiva. Elaboración propia

Realización del sistema de drenaje

El sistema de drenaje es el encargado de circular la solución nutritiva, alimentando del primer tubo al segundo tubo, del segundo al tercero, del tercero al cuarto, y por último el retorno de la solución nutritiva del cuarto tubo al tanque.

Para la construcción de este sistema se utilizaron, las tapas de 3 pulgadas, la manguera de lavadora y la silicona de poliuretano, con la ayuda de un taladro y una broca o copa sierra de 32 mm, realizamos una perforación hacia un extremo de la circunferencia de la tapa, cortamos un trozo de manguera de unos 40cm, y pegamos uno de los extremos con la silicona de poliuretano hacia la perforación de la tapa, lo mismo hacemos con el otro extremo lo pegamos hacia otra tapa, de esta manera se pueden conectar los dos tubos, se hace este proceso para todos los tubos, excepto para un extremo del último, donde únicamente se hace con una tapa, y el otro extremo de la manguera va hacia el tanque de almacenamiento, donde retorna la solución nutritiva.

Figura 12

Tapas y manguera de drenaje encargadas de la recirculación.



Nota. Se encargan de mantener un nivel en los tubos y retornar la solución nutritiva. Elaboración propia.

Figura 13

Sistema de recirculación completo.



Nota. El sistema de recirculación se encarga de renovar la solución nutritiva del sistema para mantenerla fresca. Elaboración propia

Figura 14

Sistema de retorno al tanque.



Nota. Retorna la solución nutritiva hacia el tanque para nuevamente se oxigene.

obtención un sistema hidropónico

Con la realización de los procesos de construcción antes ya mencionados, se obtiene la construcción del sistema hidropónico, es un sistema realizado a bajo costo ya que algunos de los materiales utilizados se encontraba a disposición en la finca, como es el caso de la madera utilizada para la estructura de este, así como también la utilización de materiales reciclables como es el caso de las bandas elásticas, que ya habían cumplido su función en las llantas de los autos, siendo su disposición final tirarlas para la basura y por consiguiente la contaminación medio ambiental, pero en este proyecto les damos una disposición final contribuyendo al medio ambiente y obteniendo un bajo costo en la parte de amarre de la tubería de cultivo.

Como resultado final se obtiene un sistema hidropónico tipo NFT mixto, sistema piramidal recirculante, donde en el sistema piramidal se aprovecha el espacio, el sistema NFT brinda la recirculación de la solución nutritiva cada cierto tiempo, así como también mantiene porción de solución nutritiva en la tubería para que las plantas se alimenten en los espacios sin riego, así también si se llegasen a presentar fallas en el servicio de la energía, las plantas puedan contar con solución nutritiva para su nutrición mientras no haya servicio de energía para el funcionamiento de la bomba, como producto final se tiene un sistema hidropónico conformado por dos pirámides, cada pirámide soporta ocho tubos cultivo, distribuidos en cuatro tubos a cada lado de la pirámide, obteniendo un sistema hidropónico, conformado por dieciséis tubos, como se mencionó anteriormente, cada tubo tiene la capacidad de soportar 30 plantas, por lo que en el sistema se cuenta con una capacidad de soporte para 480 plantas a un mismo tiempo.

Para el sistema hidropónico se cuenta con un sistema de bombeo, conformado por un tanque de almacenamiento de 500 L, una bomba sumergible encargada de la distribución de la

solución nutritiva, y demás accesorios que hacen posible la distribución de la solución nutritiva, la recirculación y el retorno de esta hacia el tanque de almacenamiento.

Figura 15

Sistema hidropónico elaborado, en producción.



Nota. Desarrollo de lechuga en curso, en el sistema hidropónico elaborado. Elaboración propia.

Producción de lechuga en el sistema hidropónico realizado.

Para la producción del cultivo de lechuga hidropónica es necesario implementar diferentes procesos, materiales y equipos importantes para un correcto desarrollo del cultivo, dado que la producción de lechuga hidropónica, no se desarrolla todo el ciclo de vida en el sistema hidropónico, es decir la siembra de la lechuga no se hace directamente en el sistema hidropónico, sino en la etapa inicial del cultivo, siembra germinación y comienzo del desarrollo vegetal, se realizan en almácigos, se puede decir que la producción de lechuga hidropónica tiene dos fases la de almácigo y la de trasplante y desarrollo en el sistema hidropónico, en la etapa de almácigo no se necesita del sistema hidropónico, este se utiliza en la etapa de trasplante definitivo donde se desarrolla esta la cosecha en el sistema hidropónico, a continuación se

describen cada uno de los procesos para la producción de la lechuga hidropónica, pero antes se describen los materiales y equipos necesarios.

Descripción de los materiales y equipos necesarios para la producción de lechuga hidropónica

Bandejas de germinación: son utilizadas para la germinación de las semillas, ya que estas cuentan con alveolos divididos donde se permite que cada semilla cuente con un espacio diferente para su desarrollo en las etapas iniciales, así también facilitando el trasplante sin dañarse entre plantas.

Sustrato: para la germinación de las semillas, es necesario contar con unas óptimas condiciones para la semilla, entre las cuales encontramos, correcta humedad, adecuada aireación y oxigenación, y adecuada porosidad, por lo que es necesario contar con un buen sustrato que pueda otorgar estas condiciones, por lo que en el proyecto se utiliza la turba, un sustrato con buenas características que nos permite tener las condiciones ideales para la correcta germinación de las semillas.

Semilla: en el sistema se ha diseñado para el cultivo de lechuga, por lo que se utiliza semilla de esta especie de planta, la lechuga a utilizar es la verde crespita ya que es la que mejor rendimiento tiene en la hidroponía, es la variedad que mejor se adapta a este método de cultivo.

Solución nutritiva: como el cultivo en sus fases importantes no se desarrolla en suelo de donde pueda extraer los nutrientes para su desarrollo, es necesario proveérselos mediante lo que es llamado solución nutritiva, que es todos los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas, tanto mayores como menores, en las cantidades exactas, en el mercado se encuentran kits de soluciones nutritivas que lo conforman un kilo de elementos mayores, llamados solución

A, un kilo de elementos menores llamado solución B, estos kilos deben ser disueltos en cuatro litros de agua cada uno y almacenados en un envase diferente, este kits de solución nutritiva rinde aproximadamente para 1000 litros de agua, se debe tener en cuenta la medición de EC, electro conductividad, básicamente con esta llamada solución nutritiva es con la que se le proporcionan los nutrientes al cultivo.

Electro conductímetro: es un equipo utilizado en la hidroponía para medir el electro conductividad de la solución nutritiva, ya que al proporcionar los nutrientes solución A y B en el agua, se debe medir el rango de electro conductividad, para conocer si las plantas se pueden alimentar o si la solución nutritiva puede ser tóxica para las plantas, el rango óptimo de electro conductividad según hydroenv, (2022) es 0,75 a 2 mS/cm o de 750 a 1000 ppm, por debajo de las 750 ppm, las plantas no pueden absorber los nutrientes, y por encima de 1500 ppm, la solución nutritiva llega a ser tóxica para las plantas, por eso es necesario contar con este equipo para una medición diaria de esos rangos, en el proyecto se utiliza un rango de 1200 ppm aproximadamente.

pH-metro digital: así como es muy importante medir el electro conductividad, es más importante aún medir y estar pendiente de el pH, ya que este como sabemos es muy influyente en la absorción y disponibilidad de los nutrientes para las plantas, por lo tanto, se necesita de una medición diaria para controlar que el pH este en los rangos óptimos para una correcta absorción de los nutrientes, los rangos óptimos de pH según groho, (2021) son de 5.5 a 6.5, siendo el rango más óptimo de 5.8 a 6.0, en el proyecto se maneja un pH en los rangos más óptimos, realizando una medición diaria con la ayuda del equipo pH-metro digital, aplicando los correctivos necesarios para mantener el pH ideal, los productos que se utilizan para la corrección del pH son dos diferentes uno si es necesario subir el pH y el otro si es necesario bajarlo.

Hidróxido de potasio: en este proyecto se utiliza el hidróxido de potasio como un correctivo para el pH, este se utiliza para subir el pH, es decir cuando el pH está bajo el rango normal o ácido se aplica este producto para nivelarlo en los rangos deseados, este producto por su alta alcalinidad no debe ser aplicado puro, también requiere una preparación como la solución nutritiva, para lo cual en un envase con cuatro litros de agua agregamos 500 gr de hidróxido de potasio, esta es la solución que aplicamos a el agua la cantidad depende del grado de acidez y el volumen de agua, pero se debe ir aplicando de poco a poco milímetros e ir revisando los niveles con el pH-metro digital.

Ácido nítrico: para bajar el pH en el proyecto utilizamos el ácido nítrico, un producto muy eficiente para la labor deseada además de ser económico, se utiliza cuando tenemos un pH alto sobre los parámetros normales o alcalino, se aplica hasta obtener el pH ideal, al igual que el hidróxido de potasio este producto no se aplica puro a la solución nutritiva para bajar el pH, sino que se debe realizar una preparación, el ácido nítrico es un producto muy fuertemente ácido así que en un envase agregamos 4 litros de agua y esta se le agrega 70 mililitros de ácido nítrico, se debe tener mucho cuidado en el manejo de este producto puro porque puede generar quemaduras, ya después de haber realizado la mezcla no hay riesgo, la aplicación de la mezcla para bajar el pH se debe ir agregando pocos mililitros e ir realizando mediciones con el pH-metro digital hasta llegar a los parámetros deseados, no se tiene la cantidad exacta de mezcla ácida ha agregar, pues depende de la cantidad de agua y el nivel de alcalinidad que está presente.

Espumas para soporte: para el trasplante de las plántulas de las bandejas de germinación hacia la tubería de cultivo, cada planta debe contar con algún tipo de soporte para que no se una en el tubo y para que se mantenga fija en su lugar, en cada hueco del tubo, para esto se pueden utilizar vasos o canastillas especiales, pero estas son un poco costosas, además

que permiten el ingreso de luz hacia el interior del tubo provocando algas, por lo cual se utiliza una espuma con medidas de 6 cm de largo, 6 cm de ancho y 3cm de alto, con esta medida se sujeta perfectamente a cada hueco del tubo sin hundirse, cada espuma por la mitad tiene una pequeña apertura donde se coloca la planta, las espumas favorecen a la planta ya que les mantiene la humedad, y favorece el desarrollo radicular de las plántulas, estas espumas se pueden encontrar en los mercados hidropónicos, pero como un método de reutilización y cuidado medio ambiental, se pueden utilizar las de colchones que ya cumplieron su ciclo de vida y que no tiene una disposición final, realizamos diferentes cortes a estos colchones obteniendo las espumas con las medidas deseadas, así contribuimos al medio ambiente, y reducimos costos del cultivo.

Bolsas o empaque para las plantas: para la cosecha, postcosecha y comercialización del producto final, la lechuga, los mercados exigen que el producto este empaclado en una bolsa especial, por lo que es necesario la compra de estas especiales para la lechuga hidropónica, elaboradas con materiales biodegradables.

Proceso de producción de lechuga hidropónica

Siembra

- Para iniciar el ciclo de cualquier cultivo se debe realizar la siembra, para el caso de la lechuga hidropónica, en este proyecto el proceso de la siembra se realiza de la siguiente manera:
- Se desinfecta la bandeja de germinación, para esto se utiliza agua con desinfectante. Puede ser cloro al 10%, esto para evitar posibles patógenos que se alberguen en la bandeja.

- Se prepara el sustrato, como se utiliza la turba, esta se debe humedecer agregando agua lentamente, de manera que obtenga un nivel de humedad óptimo, ni muy húmedo ni muy seco, así facilitando el manejo de la turba.
- Se agrega la turba preparada a la bandeja de germinación, con las manos se esparce suavemente por todos los alveolos, sin generar presión, para evitar compactación y mantener una buena porosidad y aireación.
- Con la ayuda de cualquier material, puede ser un trozo pequeño de madera previamente desinfectado, se realiza un pequeño hueco en la turba para cada uno de los alveolos de la bandeja.
- Por último, se agrega una semilla de lechuga en cada uno de los huecos realizados en cada alveolo, luego cubrimos todos los huecos y las semillas con una fina capa del sustrato, con ayuda de un aspersor de gota fina, rociamos con agua y se guardar la bandeja en un lugar fresco y preferiblemente a oscuras.

Figura 16

Bandejas de germinación sembradas.



Nota. Las bandejas de germinación se llenan de sustrato donde se siembran las semillas de lechuga. Elaboración propia.

Luego de haber realizado los cinco pasos de la siembra y haber guardado la bandeja sembrada, en un lugar fresco y oscuro, se supervisa diariamente y realiza un leve aspersión de agua, al tercer o cuarto día las semillas empiezan a brotar del sustrato, es ahí donde debemos sacar la bandeja a un lugar con entrada de luz, si se dejase la bandeja por más tiempo a oscuras, las plantas se comienzan un proceso de etiolación, donde el tallo se alargó demasiado siendo muy delgado, esto se da por el fototropismo, búsqueda de luz por las plantas.

Desarrollo vegetativo en almácigos

Luego de la siembra y germinación, comienza el desarrollo de las plántulas en almácigos, se debe regar por los primeros cinco días después de sacar las bandejas a la luz, y luego comiese un proceso de adaptación a la hidroponía, donde en el proyecto de manera empírica se diseñó y se elaboró una estructura de madera formando como una piscina pequeña, la cual se nombrara piscina de almácigo, cuenta con las siguientes medidas, 90 cm de largo, 60 cm de ancho y 10 cm de alto, la cual se recubrió con un plástico.

Figura 17

Bandejas de germinación en la piscina de almácigos.



Nota. En los primeros días de los almácigos, se desarrollan en una piscina para que se vayan adaptando al sistema hidropónico. Elaboración propia

En esta se agrega una capa de solución nutritiva en rangos requeridos de pH y CE, y se colocan las bandejas de germinación, como estas cuentan con unos orificios por la parte de debajo de cada alveolo, permiten que la solución nutritiva ingrese y por capilaridad esta sube por el alveolo y el sustrato llegando a la raíz, de esta manera las plántulas se empiezan a alimentar de la solución nutritiva desde los 8 o 9 días desde la siembra, en las bandejas de germinación y en este sistema de alimentación realizado, las plántulas pueden durar de 25 a 30 días después de la siembra, con un monitoreo diario de parámetros, es ahí donde ya estarán listas para la siguiente etapa el trasplante.

Trasplante y desarrollo en el sistema hidropónico

Luego de los primero 25 a 30 días después de la siembra, las plántulas estarán listas para el trasplante a los tubos de cultivo o sistema hidropónico, para lo cual se alista, donde se hace una desinfección y lavado de los tubos, preparamos la solución nutritiva, cumpliendo con los rangos de pH y CE requeridos, como el agua que utiliza para la preparación de la solución nutritiva es proveniente del agua lluvia captada del techo es obvio que este es un poco alcalina, el rango de pH que se ha medido de esta agua es 6.6 a 6.8 por lo que es necesario agregarle la mezcla de ácido nítrico para bajarle el pH al rango de 6.0 y de esta manera proceder a agregarle los nutrientes al agua para formar la solución nutritiva, este proceso se hace cada vez que se llene el tanque, continuando con el proceso de adecuación para el primer trasplante, se llenan los tubos hasta el nivel requerido, en promedio 1/3 de tubo es el nivel de solución nutritiva, dejando espacio para la aireación y oxigenación, se adecua el sistema de automatización para los riegos o recirculaciones diarias, en este caso manejamos 9 riegos diarios con una duración de 8 minutos cada uno, el primero se realiza de las 07:00 am a las 07:08am, el segundo a las 09:00 am a las 09:08 am, el tercero a las 10:00 am a las 10:08 am, el cuarto de las 11:00 am a las 11:08 am, el

quinto de las 12:00pm a las 12:08 pm, el sexto de las 01:00pm a las 01:08 pm, el séptimo de las 02:00pm a las 02:08 pm, el octavo a las 03:30pm a las 03:38 pm y el noveno y último se realiza a las 05:30 pm a las 05:38pm, los riegos se realizan con el fin de renovar nutrientes y mantener una adecuada temperatura de la solución nutritiva, especialmente mantener la temperatura de la solución nutritiva, ya que esta no debe superar los 26°C porque se pueden presentar problemas, es por eso que los riegos se concentran en las horas más soleadas del día de las 10 am a las 02pm, en la noche no hay necesidad de riego ya que la temperatura desciende y las plantas en la noche no realizan fotosíntesis.

Continuando con el proceso ya del trasplante este se debe hacer en las horas de la tarde o de la mañana, donde el calor no afecte a las plántulas recién trasplantadas, preferiblemente hacerlo en la tarde, para el trasplante se realizan los siguientes pasos:

- Arrancar cuidadosamente la plántula del alveolo para no dañarla.
- Lavar la raíz en agua para no introducir sustrato a la tubería.
- Introducir la plántula en la espuma.
- Acomodar la espuma con la plántula en el tubo de cultivo, de manera que la raíz de la planta quede en contacto con la solución nutritiva.

Figura 18

Lavando la plántula en agua.



Nota. El lavado de la raíz se realiza para no implementar sustrato al sistema. Elaboración propia.

Figura 19

plántulas recién trasplantadas.



Nota. Las plántulas se trasplantan en las horas de la mañana o noche para evitar estrés por calor.

Elaboración propia

Luego del trasplante diariamente se debe realizar una inspección al cultivo, revisar los parámetros de pH, si este está bajo agrega la mezcla de hidróxido de potasio hasta conseguir el nivel adecuado, si esta está alto agregar la mezcla de ácido nítrico hasta conseguir el nivel adecuado, también revisar los parámetro de CE o ppm, si están bajos agregar nutrientes, si están altos agregar agua, revisar diariamente el nivel de solución nutritiva en el tanque, ya que la plantas irán consumiendo solución nutritiva diariamente y los niveles en el tanque irán bajando, por eso es importante revisar diariamente, y si están bajo el nivel de solución nutritiva en el tanque agregar agua, nutrientes, y revisar parámetros, en si la hidroponía requiere de una supervisión diaria, pero no requiere mayor esfuerzo, esta revisión que se realiza diariamente no toma mas de 10 minutos, y en esta se garantiza la cosecha, no se requiere algún tipo de labor más que esta desde el trasplante hasta la cosecha.

Algunas experiencias y conocimientos de la hidroponía, especialmente de la lechuga hidropónica que he venido obteniendo durante las cosechas generadas son, los primeros diez después del trasplante las plantas no consume casi solución nutritiva, a medida que estas van creciendo el consumo va aumentando, en la primera y segunda semana después del trasplante la solución nutritiva tiende a subir un poco el pH es donde aplicamos mezcla acida para controlarlo, en tercera semana hacia adelante donde las plantas están más desarrolladas tanto vegetativamente como radicalmente, las raíces segregan compuestos ácidos, donde la solución nutritiva tiende a bajar el nivel de pH, es en esas etapas donde se aplica la mezcla de hidróxido de potasio para mantener un pH nivelado.

Figura 20

Una semana después del trasplante.



Nota. Las plantas comienzan el desarrollo. Elaboración propia.

Las plantas ya se adaptaron a la hidroponía y comienzan a desarrollarse, observándose la aparición de nuevas hojas, y el desarrollo radicular.

Figura 21

Dos semanas después del trasplante.



Nota. Continúan su crecimiento. Elaboración propia.

Las plantas se muestran con una buena evolución después de la semana uno cuenta con hojas más grandes y abundantes.

Figura 22

Tres semanas después del trasplante.



Nota. Ya van tomando forma. Elaboración propia.

Las plantas tienen un porte mayor que en la semana dos, sigue el apareamiento de nuevas hojas y el crecimiento de las existentes, cuentan con un sistema radicular desarrollado.

Figura 23

Cuatro semanas después del trasplante.



Nota. Se aproximan a el tamaño óptimo. Elaboración propia.

En la semana cuatro las plantas van agarrando su tamaño de comercialización, tienen un buen porte, aún continúan en su crecimiento para llegar a el tamaño ideal exigido por los mercados.

Figura 24

Quinta semana después del trasplante.



Nota. Están listas para cosecha. Elaboración propia.

A este punto si se ha hecho correctamente el proceso de cultivo la lechuga estará lista para cosecha a las 5 a 6 semanas, donde ya contarán con un tamaño ideal para las exigencias del mercado.

Cosecha

El momento de la cosecha de la lechuga hidropónica, se da a las 5 o 6 semanas después del trasplante, es en este momento donde las plantas cuentan con el tamaño ideal exigido por los mercados, el proceso de cosecha se hace de una manera manual, para esto se levantan las hojas de la lechuga, y se sujeta del tallo, agarrando parte del tallo y parte de la espuma colocada en el

trasplanté, teniendo sujeta esta parte de la planta, se tira levemente hacia arriba, de esta manera sale la planta completa con todo y sus raíces, no se debe inclinar la planta hacia los lados al momento de tirarla, porque puede romperse el tallo, y quedar las raíces en el tubo.

Figura 25

Lechuga recién cosechada.



Nota. Se recolectan de los tubos. Elaboración propia.

Postcosecha

Posterior de la cosecha, en el proceso de postcosecha se realiza el siguiente procedimiento, cosechada la planta de la tubería, se le quitan algunas hojas viejas, que pueden estar amarillas o secas, estas son por lo general las hojas primeras de las plantas, luego se envasa en la bolsa plástica, una lechuga por bolsa, la bolsa debe ser especial para lechuga hidropónica, como lo exige el mercado, esta bolsa debe ser biodegradable, si el producto no se comercializa en estas bolsas pierde valor, después de envasar las lechugas en estas bolsas, en canastillas plásticas se almacenan las lechugas en total 15 por canastilla, esto para que no se maltraten en el

transporte rumbo a la comercialización, el producto embolsado y empacado en las canastillas quedaría así:

Figura 26

Lechuga embolsada en capuchón biodegradable.



Nota. Lista dentro de su envase. Elaboración propia.

Figura 27

Producto en canastillas



Nota. Perfectas para la comercialización. Elaboración propia.

El producto es almacenado en canastillas para facilitar el proceso de transporte hacia los lugares de comercialización, así también el producto mantiene sus condiciones y no se maltrata en el transporte.

Comercialización

Al inicio la comercialización fue un poco difícil puesto que no tenía a quien venderle el producto, puesto que era nuevo en el mercado de la lechuga y no se tenía idea de cómo se manejaba el mismo, así que lo primero que se procedió a realizar fue una pequeña investigación del mercado donde gracias al contacto con amigos, se pudo encontrar clientela que compraran el producto, también se utilizó el uso de las tecnologías actuales para la venta del producto, como es el caso de la tienda Marketplace de la red social Facebook, por donde se publicó el producto y afortunadamente, hubieron varios interesados en él para su compra, el producto se utiliza para ensaladas, elaboración de comidas rápidas etc., por lo que a los clientes que se les vende el producto son a Fruver para su comercialización, a establecimientos de comidas rápidas para la elaboración de sus productos, y a restaurantes para la elaboración de sus platos, el producto tiene una buena demanda de manera constante, por tanto es posible tener una constante cosecha y tendrá una constante demanda del mismo, el precio de comercialización varía de acuerdo a los sitios donde se vende, si es para Fruver que requieren más cantidad el precio es de 1000 pesos por unidad, si es para restaurantes el precio por unidad es de 1100 pesos, y si es para sitios de comidas rápidas de 1200 a 1300 pesos, la mayoría del producto se comercializa en Fruver, ya que es donde se demanda la gran mayoría del producto.

Después de la cosecha y los procesos de postcosecha el producto debe ser transportado y comercializado lo más pronto posible para que este se mantenga fresco, por lo que el mismo día

que se realiza la cosecha se transporta para la comercialización, en el transporte se utiliza el carro de la familia, ya que como se venden pocas cantidades de lechuga no requiere un vehículo de transporte grande, donde el vehículo de la familia es ideal para el transporte de la lechuga, optimizando el espacio por el uso de las canastillas plásticas.

Los días de comercialización depende del mercado, normalmente para los Fruver, en la ciudad de Chiquinquirá se manejan los siguientes des del mercado, martes en la tarde o miércoles en la mañana y sábado en la tarde o domingo en la mañana, normalmente yo acostumbro a comercializar la lechuga los días miércoles y domingo en la mañana, así mismo aprovecho esos días para también comercializarlo en los restaurantes o sitios de comidas rápidas, aunque en estos sitios se puede comercializar el producto cualquier día de la semana.

Resultados

Con la realización de este proyecto, se pudieron conocer diferentes resultados, en este aspectos se obtuvieron los costos de construcción del sistema hidropónico, costos de algunos equipos necesarios para el sistema, costos de producción de la lechuga cultivada en el sistema hidropónico, y algunos resultados del consumo de agua de la lechuga hidropónica.

Costos que fueron necesarios para la construcción del sistema hidropónico

Cuando se habla de los costos que fueron necesarios para la construcción del sistema hidropónico, nos referimos a todos aquellos materiales y equipos, que fueron necesarios para la construcción y el funcionamiento del sistema hidropónico realizado, a continuación, se da una lista de los materiales y equipos utilizados.

- ✚ Tubos PVC negros de tres pulgadas.
- ✚ Tapas para tubo de tres pulgadas.
- ✚ Puntilla número 4.
- ✚ Bandas elásticas, neumáticos.
- ✚ Manguera de drenaje.
- ✚ Silicona de poliuretano.
- ✚ Tanque de 500L.
- ✚ Manguera lechosa.
- ✚ Tes PVC $\frac{3}{4}$.
- ✚ Llave PVC $\frac{3}{4}$.
- ✚ Adaptadores macho para llave.
- ✚ Bomba.

- ✚ Extensión para intemperie.
- ✚ Timer digital.
- ✚ Brocas copa sierra, una de 3 pulgadas y una de 1 ¼ de pulgada.

La anterior es una lista de los materiales y equipos que fueron necesarios comprar para la construcción y para del funcionamiento de este, la parte de bombeo y automatización, en esta lista no se encuentra descrita la madera para la estructura, ya que esta no fue necesaria compárala ya que es un recurso existente en la finca.

Tabla 1

Costos de materiales y equipos del sistema hidropónico.

Nombre de Elemento	Unidad de Medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Tubos 3" * 6m	Unidad	16	\$ 26.000	\$ 416.000
Tapas para tubo de 3"	Unidad	32	\$ 1.000	\$ 32.000
Puntillas de 4"	Kilogramos	2	\$ 8.000	\$ 16.000
Bandas elásticas "neumático"	Unidad	1	\$ 30.000	\$ 30.000
Manguera de drenaje	Metros	11	\$ 4.000	\$ 44.000
Silicona de poliuretano	Unidad	1	\$ 30.000	\$ 30.000
Tanque de 500 litros	Unidad	1	\$ 190.000	\$ 190.000
Manguera lechosa ¾	Metros	6	\$ 2.500	\$ 15.000
Tes de ¾"	Unidad	3	\$ 1.000	\$ 3.000
Llave de ¾"	Unidad	4	\$ 4.000	\$ 16.000
Adaptadores machos para llave	Unidad	8	\$ 1.000	\$ 8.000
Bomba sumergible	Unidad	1	\$ 170.000	\$ 170.000
Extensión para intemperie	Unidad	1	\$ 60.000	\$ 60.000
Timer digital	Unidad	1	\$ 38.000	\$ 38.000
Broca 2"	Unidad	1	\$ 25.000	\$ 25.000

Broca 1 ¼"	Unidad	1	\$ 25.000	\$ 25.000
Valor total de todos los elementos necesarios				\$ 1.118.000

Nota. Se muestra el costo de los materiales y equipos necesarios para la construcción del sistema hidropónico. *Fuente.* Autor.

En la **tabla 1**, se muestran los materiales necesarios para la construcción y funcionamiento del sistema hidropónico realizado en este proyecto, se observa la cantidad requerida de estos, el valor unitario y el valor total, como resultado final de los costos que fueron necesarios se tiene un valor total de **\$1118000** pesos colombianos, teniendo en cuenta que en este valor solo están los costos del sistema hidropónico, costos de establecimiento y costos de equipos y materiales para el funcionamiento, dentro de este valor no están incluidos los costos de producción y de equipos y materiales necesitados para la producción, si se compara este costo con el costo de establecimiento de un sistema aeropónico, pues el sistema que se realizó es más económico ya que para implementar un sistema aeropónico con la capacidad de producir 400 plantas, tendría un costo de \$2500000 aproximadamente, porque este necesita más equipos y otros elementos, si se compara el costo con un sistema raíz flotante, los costos serían similares al sistema implementado.

Costos de los materiales y equipos de producción.

Tabla 2

Precios de los materiales y equipos utilizados en la producción de lechuga hidropónica.

Nombre de Elemento	Unidad de Medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Bandejas de germinación	Unidad	4	\$ 8.000	\$ 32.000
Sustrato	Kilogramo	1	\$ 6.000	\$ 6.000
Semilla	Gramo	1	\$ 3.000	\$ 3.000

Solución nutritiva	Kits	1	\$	30.000	\$	30.000
Electro conductímetro	Unidad	1	\$	40.000	\$	40.000
Ph-metro digital	Unidad	1	\$	30.000	\$	30.000
Hidróxido de potasio	Kilogramo	1	\$	25.000	\$	25.000
Ácido nítrico	Galón	1	\$	20.000	\$	20.000
Espumas	Unidad	1	\$	26.000	\$	26.000
Bolsas de cosecha	Unidad	1	\$	75.000	\$	75.000

Nota. Se muestra el precio de todos los materiales y equipos que son necesarios para la producción hidropónica de lechuga. *Fuente.* Autor.

En la **tabla 2** se muestran el precio de los productos utilizados en la producción de lechuga hidropónica, esta tabla no hace referencia a los costos de producción para una cosecha en nuestro sistema hidropónico, algunos de los productos que se encuentran en la **tabla 2** solo se compran una vez y se puede utilizar en muchas cosechas.

Tabla 3

Productos compra única para la producción hidropónica.

Nombre De Elemento	Unidad De Medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Bandejas de germinación	Unidad	4	\$ 8.000	\$ 32.000
Electro conductímetro	Unidad	1	\$ 40.000	\$ 40.000
Ph-metro digital	Unidad	1	\$ 30.000	\$ 30.000
Valor total de los productos de única compra				\$ 102.000

Nota. Elementos de compra única, sirven para muchas cosechas. *Fuente.* Autor.

En la **tabla 3** se representa el valor por compra de los productos que se requieren para la producción hidropónica pero que únicamente se compran única vez, esto significa que no se necesita comprar uno de estos para cada cosecha, se pueden categorizar como costos de establecimiento sumados a los costos obtenidos en la **tabla 1**.

Costos de producción para una cosecha de 480 lechugas en el sistema hidropónico realizado.

Con los datos presentados en la **tabla 2** se pueden conocer los costos de producción para las 480 lechugas en el sistema hidropónico realizado en el proyecto, sabiendo que las bandejas de germinación, los medidores de pH y CE, no entran en los costos de producción, en el caso del hidróxido de potasio, se necesita ½ kilogramo del kilogramo completo visto en la **tabla 2**, teniendo en cuenta el valor del kilo de 25000, estaríamos gastando 12500, para el caso del ácido nítrico de necesitan solo 70 mililitros de 4000 que trae el galón observado en los costos de la **tabla 2**, el galón tiene un costo de 20000, para un costo del mililitro de:

$$\frac{20000}{4000} * 70 = 350$$

El costo del mililitro de ácido nítrico tiene un costo de 5 pesos colombianos, como se necesitan 70 mililitros para hacer la mezcla de la solución ácida, tendría un costo de 350 pesos, con una sola mezcla es necesario para la cosecha de las 480 plantas.

El precio de las bolsas para la cosecha y comercialización de la lechuga se muestra en la **tabla 2** con un costo de 75000 pesos colombianos, este costo es para 1000 bolsas, por lo que el costo de unidad es 75 pesos.

El costo de la espuma representado en la **tabla 2** es para una lámina de espuma donde se obtienen todas las espumas necesarias para una cosecha o para las 480 plantas.

Tabla 4

Costos de producción reales para una cosecha de 480 lechugas hidropónicas.

Nombre de Elemento	Unidad de Medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Sustrato	Kilogramo	1	\$ 6.000	\$ 6.000
Semilla	Gramo	1	\$ 3.000	\$ 3.000

Solución nutritiva	Kits	3	\$	30.000	\$	90.000
Hidróxido de potasio	Kilogramos	½	\$	25.000	\$	12.500
Ácido nítrico	Mililitros	70	\$	5	\$	350
Espumas	Unidad	1	\$	26.000	\$	26.000
Bolsas de cosecha	Unidad	480	\$	75	\$	36.000
Valor total de los costos de producción para 480 lechugas hidropónicas					\$	173.850

Nota. Se muestran los costos que son necesarios para una producción de 480 lechugas en el sistema hidropónico. *Fuente.* Autor.

En la **tabla 4** se muestran los costos reales obtenidos en ese sistema hidropónico elaborado en el proyecto en las cosechas ya finalizadas del mismo, estos costos se pueden reducir en 26000 por la reutilización de las espumas de colchones usados, para quedar los costos de producción de la siguiente manera:

Tabla 5

Costos de producción utilizando espumas de colchones usados.

Nombre de Elemento	Unidad de Medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total		
Sustrato	Kilogramo	1	\$	6.000	\$	6.000
Semilla	Gramo	1	\$	3.000	\$	3.000
Solución nutritiva	Kits	3	\$	30.000	\$	90.000
Hidróxido de potasio	Kilogramos	1	\$	25.000	\$	12.500
Ácido nítrico	Mililitros	70	\$	5	\$	350
Bolsas de cosecha	Unidad	480	\$	75	\$	36.000
Costos de producción totales con ahorro en el gasto de espumas					\$	147.850

Nota. Costos en una producción utilizando espuma reciclada. *Fuente.* Autor.

Consumo de agua en la producción de 480 lechugas en hidroponía.

Para conocer el consumo de agua de la lechuga hidropónica, lo separaremos en dos fases, 1) la fase de almácigos que está conformada por las primeras cuatro semanas de desarrollo de las plántulas, 2) la fase de desarrollo en el sistema hidropónico está conformada por seis semanas después del trasplante, los datos de consumo de agua o solución nutritiva fueron recolectados durante tres cosechas, a continuación, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 6.

Datos de consumo recolectados en tres cosechas.

Consumo de Agua de la Lechuga Hidropónica en 3 Cosechas			
Etapa de almácigos 480 plantas			
Cosecha	Semana	Unidad de medida	Consumo
	1	Litros	5
	2	Litros	8
	3	Litros	10
	4	Litros	12
	Total, consumo almacigo		35
Consumo en sistema hidropónico			
1	1	Litros	50
	2	Litros	150
	3	Litros	200
	4	Litros	260
	5	Litros	330
	6	Litros	420
	Total, consumo en hidropónico		1410
Consumo total del cultivo			1445

Etapa de almácigos 480 plantas				
Cosecha	Semana	Unidad de medida	Consumo	
2	1	Litros	6	
	2	Litros	9	
	3	Litros	12	
	4	Litros	15	
	Total, consumo almacigo			42
	Consumo en sistema hidropónico			
	1	Litros	65	
	2	Litros	155	
	3	Litros	215	
	4	Litros	280	
5	Litros	345		
6	Litros	450		
Total, consumo en hidropónico			1510	
Consumo total del cultivo			1552	

Etapa de almácigos 480 plantas				
Cosecha	Semana	Unidad de medida	Consumo	
3	1	Litros	4	
	2	Litros	7	
	3	Litros	10	
	4	Litros	12	
	Total, consumo almacigo			33
	Consumo en sistema hidropónico			
	1	Litros	55	

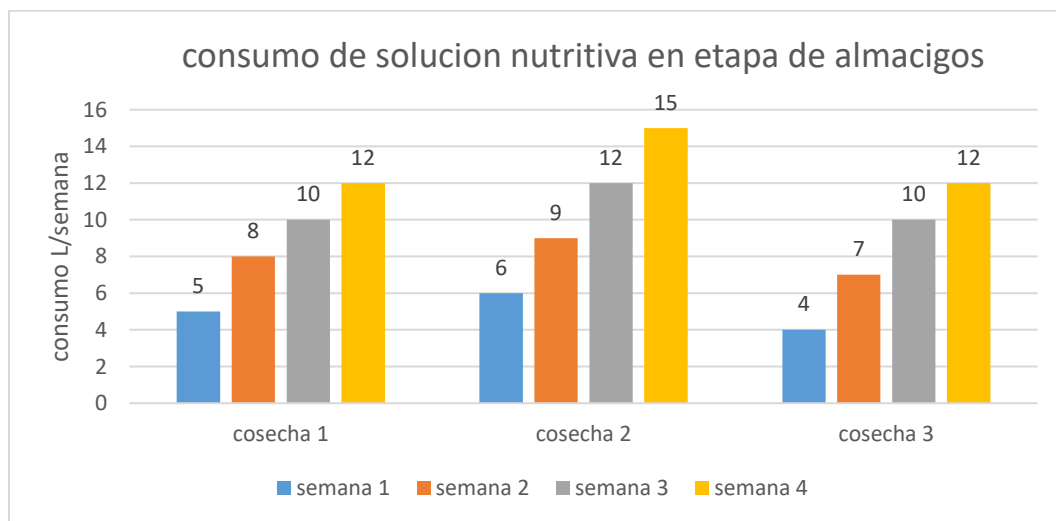
2	Litros	140
3	Litros	195
4	Litros	250
5	Litros	325
6	Litros	410
Total, consumo en hidropónico		1375
Consumo total del cultivo		1408

Nota, se muestra el total de consumo de agua para cada una de las tres cosechas. *Fuente*. Autor.

En la **tabla 6** se muestra los datos de consumo recolectados en las tres cosechas divididos para cada una de las etapas de almacigo y desarrollo en sistema hidropónico, para que la información presentada en la tabla 6, sea más fácil de apreciar a continuación se muestra consignada en graficas.

Figura 28.

Consumo de solución nutritiva en almácigos.



Nota. Se muestra el consumo de agua de las lechugas en tres cosechas para las etapas de almacigo. *Fuente*. Autor.

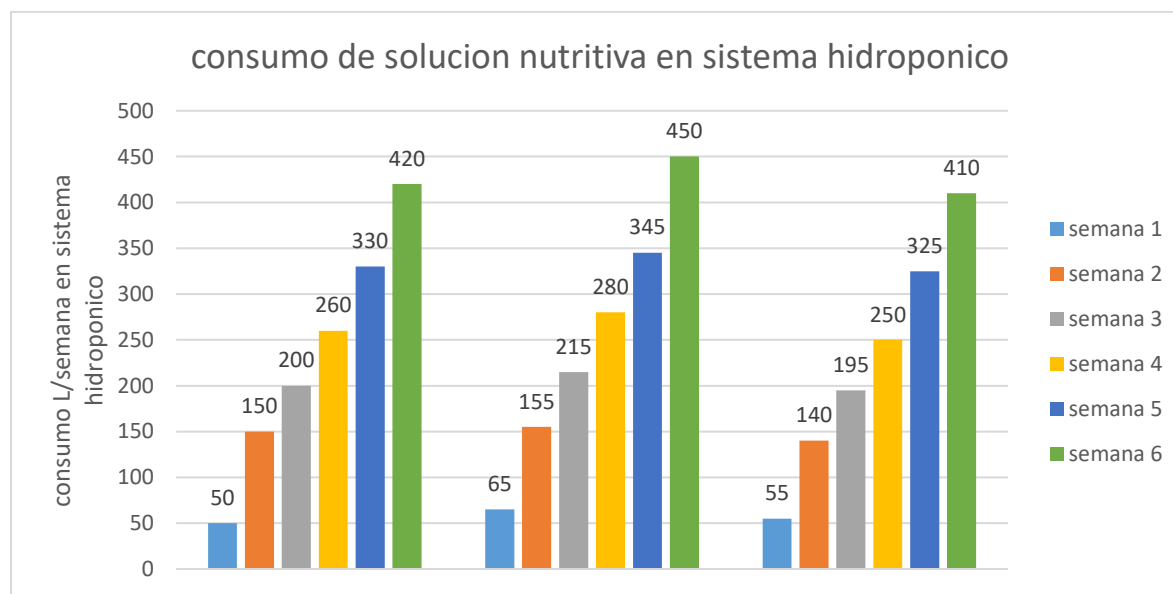
En la **Figura 28** se muestra el consumo de las plántulas de lechuga en cada cosecha para la etapa de almácigos, se muestra el consumo en litros para cada una de las semanas de desarrollo en la fase de almacigo, se evidencia un consumo similar para cada una de las cosechas, en sus cuatro semanas de desarrollo, siendo evidente un mayor consumo en la cosecha 2 teniendo un consumo total de 42 litros en la etapa de almacigo, la cosecha en la que se registró el menor consumo fue en la cosecha 3 con un total de consumo de 33 litros, con estos datos podemos obtener un promedio del consumo en almacigo para las tres cosechas para lo cual se realiza lo siguiente.

$$\frac{35+42+33}{3} = \frac{110}{3} = 36.6$$

El promedio de consumo en la etapa de almácigos es de 36.6 litros.

Figura 29

Consumo de solución nutritiva en el desarrollo en el sistema hidropónico.



Nota. Consumo de agua o solución nutritiva, en tres cosechas para las etapas de desarrollo en el sistema hidropónico. *Fuente.* Autor.

En la **Figura 29** se muestra el consumo de solución nutritiva registrado en las tres cosechas para la etapa de desarrollo en el sistema hidropónico, conformado por seis semanas después del trasplante, a primera vista en la figura se observa un consumo mucho mayor que en los almácigos, esto se debe a que las plantas estará muchas veces más grande que en los almácigos, se evidencia un aumento significativo en consumo de semana a semana, puesto que las plantas estarán más grandes y por siguiente su consumo es mayor, al igual que en la etapa de almácigos, el mayor consumo se presentó en la cosecha dos con un total de 1510 litros, y el menor consumo se presentó en la cosecha 3 con un total de 1375 litros, el promedio de consumo en la etapa de desarrollo en sistema hidropónico es.

$$\frac{1410 + 1510 + 1375}{3} = \frac{4295}{3} = 1431.6$$

El promedio de consumo en el desarrollo en sistema hidropónico es 1431.6 litros.

consumo total del cultivo

El consumo total del cultivo desde la etapa de almácigos, durante el desarrollo en el sistema hidropónico y hasta la cosecha se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 7

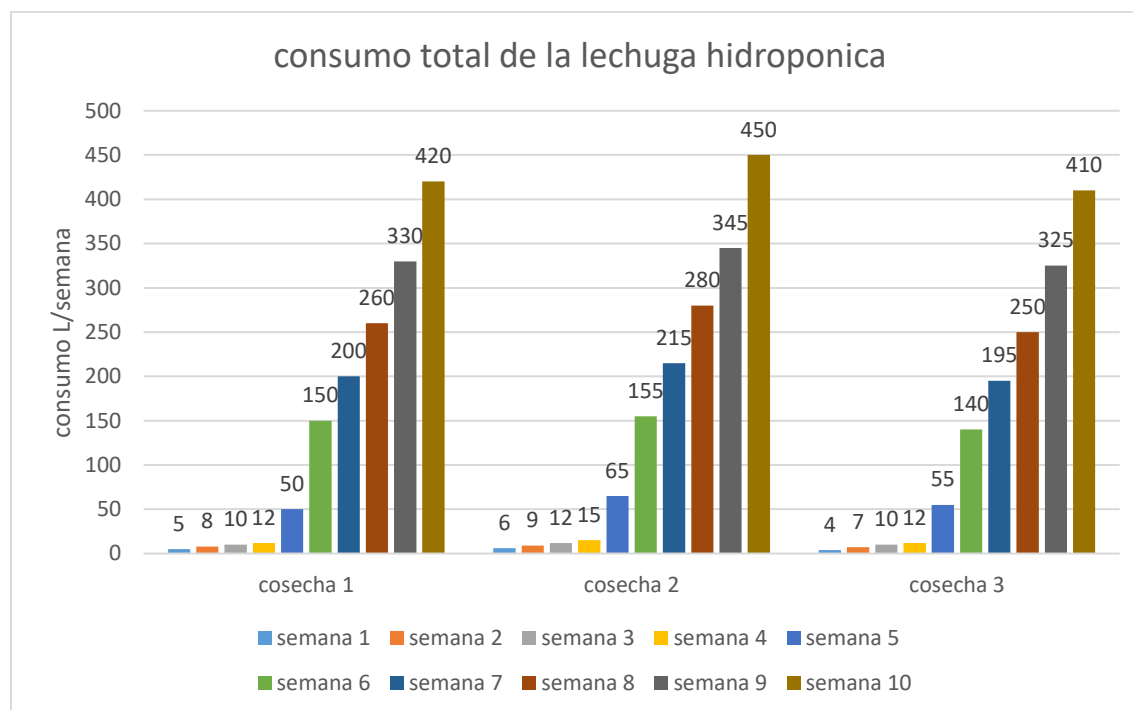
Consumo total de la lechuga hidropónica 480 plantas.

		Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3
Almacigo	Semana 1	5	6	4
	Semana 2	8	9	7
	Semana 3	10	12	10
	Semana 4	12	15	12
Hidropónico	Semana 5	50	65	55

Semana 6	150	155	140
Semana 7	200	215	195
Semana 8	260	280	250
Semana 9	330	345	325
Semana 10	420	450	410
Consumo total	1445	1552	1408

Figura 30.

Consumo total de la lechuga hidropónica.



Nota. Consumo total de agua durante todo su ciclo de vida. *Fuente.* Autor.

En la **tabla 7** y **figura 30**, se muestra el consumo total de las cosechas donde para la cosecha 1 tenemos un consumo total de 1445 litros, para la cosecha 2, un consumo de 1552 litros, siendo la cosecha con mayor consumo, la cosecha 3 muestra el menor consumo un total de 1408 litros, el promedio de consumo total es de.

$$\frac{1445 + 1552 + 1408}{3} = \frac{4405}{3} = 1468.6$$

El promedio de consumo de solución nutritiva en 480 plantas de lechuga durante todo su ciclo de vida es de 1468.6 litros.

Plan de producción de lechuga hidropónica

A continuación, se muestra una infografía que representa un plan de producción de lechuga hidropónica, este plan muestra de una manera breve, cada una de las actividades a seguir para poder producir le lechuga, así como algunos rangos para tener en cuenta en el cultivo, este plan va dirigido a las personas interesadas en implementar un cultivo hidropónico, ya sean estudiantes de agronomía o alguna carrera afín con el tema, egresados, agricultores de la zona, etc. Se muestra como una guía básica de labores y manejo del cultivo de lechuga en condiciones de hidroponía en sistema hidropónico NFT mixto.


Figura 31

PLAN DE PRODUCCION DE LECHUGA HIDROPONICA

paso a paso

Siembra

Para este proceso se utiliza, sustrato, bandeja de germinación y semilla de lechuga, se llena cada uno de los alveolos de la bandeja y se agrega una semilla por cada alveolo, luego se deja en un lugar fresco y con poca luz por tres días, donde comienzan a germinar las semillas.




Desarrollo en almacigos

Desde el día 3 hasta el día 25 a 30, las plantulas se desarrollan en almacigos, el día 9 a los almacigos se les empieza a implementar solución nutritiva, y medición de PH y CE, días 25 a 30 las plantulas estaran listas para tranplate.

rango de PH ideal 5.8, rango de CE ideal 1200 ppm


Transplante

Del día 25 a 30 las plantas contarán con el tamaño ideal para el transplante hacia los tubos de cultivo, los cuales deben contar previamente con el sistema de bombeo y recirculación, y la solución nutritiva con los estándares de PH y CE ideales, con la ayuda de una espuma sujetar las plantulas a la tubería.




Desarrollo vegetativo

Las etapas de desarrollo vegetativo lo hacen las plantas en el sistema hidroponico, lo hacen desde el transplante hasta que esten listas para el consumo, este proceso dura de 5 a 6 semanas, se debe realizar una revisión y ajuste diario de PH y CE.



Cosecha y postcosecha

A las 5 a 6 semanas después del transplante la lechuga está lista para cosechar, sujetandola del tallo y sacandola del tubo, luego se empaqueta en una bolsa biodegradable para lechuga, y está lista para su comercialización.



En la Figura 31 se observa una infografía con información que representa el plan de producción de lechuga hidropónica, para observar la infografía de una mejor manera a continuación se comparte el enlace de acceso a la misma.

Enlace de acceso a infografía:

https://www.canva.com/design/DAFNQPd7ths/19sNmdA4Kwnmlo8ZslJibg/view?utm_content=DAFNQPd7ths&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

El objetivo de la infografía es representar la información más importante en la producción hidropónica de lechuga, para presentarla a las personas interesadas en el proyecto, y que esta sea más fácil de apreciar, la infografía muestra cada uno de los pasos a tener en cuenta para producir lechuga de manera hidropónica, como tal para presentar esta información no se realizó algún tipo de socialización, sino que individualmente se tuvieron charlas con personas interesadas y ahí se les mostro personalmente el plan de producción.

Rentabilidad del proyecto

Una de las cosas que más se tiene en cuenta cuando se inicia un proyecto o negocio y demás, es si este tendrá o tiene una buena rentabilidad, por eso en este proyecto evaluamos si tiene beneficio económico o si el proyecto es viable, en la tabla 1 se presenta los costos de establecimiento del sistema hidropónico, el cual tiene un costo de **\$1.118.000**, sumado a eso se tiene en la tabla 3 algunos costos de unos materiales y equipos que son necesarios pero se compran única vez, el costos de estos es \$102.000, estos sumados a los costos de la tabla 1 da un costo de establecimiento de \$1220000.

Los costos de producción representados en la tabla 5 nos muestran un valor de \$147850, para una producción de 480 plántulas, supongamos que el 5% de estar sea el coeficiente de

perdía por diferentes razones como, algunas plantas más pequeñas, algún ataque de plagas y enfermedades, consumo de la familia etc. Quedando un total de 456 lechugas, para equilibrar la cifra digamos que para la venta es un total de 450 plantas, como se observado en el documento el valor de venta de las lechugas varía de acuerdo con el mercado, para hacer el cálculo pongamos el valor mínimo de venta que es 1000 pesos, entonces el valor de la cosecha sería de \$450000.

Ganancias totales de la cosecha

$$450000 - 147850 = 302150$$

Tenemos una ganancia de \$302150 por cada 450 lechugas cosechadas, que representa una cosecha del sistema hidropónico, ahora necesitamos saber cuántas cosechas necesitamos producir para recuperar los gastos de la inversión inicial, para lo cual realizamos la siguiente operación:

$$1220000/302150 = 4.03$$

Con la operación anterior se pudo saber que se necesitan 4 cosechas completas para cubrir los costos de establecimiento y así el proyecto empiece a generar ganancias, si comparamos con otro tipo de sistema como el aeropónico se necesitan de 8 a 9 cosechas para cubrir los costos de establecimiento, dado que para el sistema aeropónico el costos es aproximadamente más del doble que el costo del sistema que se optó en este proyecto, con el sistema raíz flotante sería el optado en el proyecto, con esto podemos decir que el proyecto tiene una buena rentabilidad y viabilidad económica,

Resultado ambiental

En la parte ambiental todos los resultados del proyecto son favorables, ya que se aprovechan los recursos de la mejor manera, el recurso hídrico se utiliza el agua lluvia

recolectada y se aprovecha al máximo ya que únicamente se gasta la que consumen las plantas, no hay algún tipo de pérdidas por evaporación, filtración y otras, en el recurso del suelo se observa el aprovechamiento del espacio, no se realiza algún tipo de daño o degradación al suelo ya que este únicamente se utiliza para soportar la estructura, manteniendo una capa vegetal favoreciendo de episodios de erosión hídrica o eólica, y se mantiene su estructura química, orgánica y física, en el apartado de suelo no se tiene cambio y/o transformación alguna, se favorece el medio ambiente ya que no se aplica ningún tipo de producto agroquímico, como insecticidas, fungicidas, herbicidas y otros, por lo que no se daña el medio ambiente por el uso de estos y se obtiene un producto inocuo y sano.

Conclusiones

Se puede concluir que la hidroponía ayuda a rentabilizar de una mejor manera los cultivos, ya que, por su modo de nutrición, el ahorro en los fertilizantes es significativo, así mismos al no utilizarse productos agroquímicos para el control de enfermedades y plagas, se reducen los costos drásticamente, porque estos productos tienden a ser muy costosos.

Con la hidroponía se utiliza el espacio de la mejor manera, pudiendo sacar muchas cosechas de manera constante, sin correr el riesgo que se corre en los cultivos en suelo, de que este pierda la fertilidad y se le produzcan degradaciones, en la hidroponía eso no sucede aprovechando el espacio que tiene su cultivo hidropónico, además también se aprovecha el espacio obteniendo más densidad de plantas, especialmente en el sistema piramidal.

Con el desarrollo del proyecto se pudo comprobar que realmente si la hidroponía contribuye al medio ambiente, al mejor aprovechamiento de los recursos naturales, como el agua y a la no contaminación de estos por utilización de productos agroquímicos.

La hidroponía es una alternativa que se puede utilizar tanto para reducir el impacto de la agricultura tradicional, como para la producción de alimento sostenible que contribuya con la seguridad alimentaria mundial que cada vez exige más alimento, también la hidroponía brinda la oportunidad de producir alimento inocuo.

Recomendaciones

Se recomienda a las personas interesadas en proyectos hidropónicos, optar por el tipo de sistema que mas se adopte a sus condiciones, tanto económicas como de espacio, clima, topografía y oferta energética.

Para el manejo de un cultivo hidropónico se recomienda ser diciplinado en la revisión diaria de los parámetros en el cultivo, ya que de esto depende el éxito en la cosecha y por siguiente la viabilidad del cultivo.

Referencias bibliográficas

- Agronet. (29 de marzo de 2019). Estas son las amenazas que impulsan la degradación de los suelos. [https://www.agronet.gov.co/noticias/paginas/estas-son-las-amenazas-que-impulsan-la-degradaci% c3% b3n-del-suelo.aspx](https://www.agronet.gov.co/noticias/paginas/estas-son-las-amenazas-que-impulsan-la-degradaci%c3%b3n-del-suelo.aspx)
- aquagrowcolombia. (2023). Historia de la hidroponia. <https://www.aquagrowcolombia.com/la-historia-de-la-hidroponia>
- Asela m. Del puerto rodríguez, s. S. (diciembre de 2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1561-30032014000300010
- Auxprotec. (03 de marzo de 2017). Lechugas hidroponicas y sus ventajas <https://auxprotec.com/lechugas-hidroponicas-y-sus-ventajas/>
- Barona, y. S. (2020). Construcción e implementación de un cultivo hidropónico en la zona urbana del municipio de Puerto Tejada [trabajo de grado UNAD]. Repositorio institucional. [https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36687/ysmorenob% 20.pdf?sequence=4&isallowed=y](https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36687/ysmorenob%20.pdf?sequence=4&isallowed=y)
- Basterrechea, m. (07 de agosto de 2014). Como funciona el sistema hidroponico nft. <https://www.hidroponiacasera.net/como-funciona-el-sistema-nft/>
- cultivohidroponico.info. (2018). *sistema raiz flotante [Figura]*. Obtenido de <https://cultivohidroponico.info/sistemas/de-raiz-flotante/>
- Ciata. (1998). Produccion de lechuga. <http://www.serida.org/pdfs/271.pdf>

Cultivohidroponico.info. (s.f.). sistema raiz flotante. Recuperado el 14 de noviembre de 2021, de

<https://cultivohidroponico.info/sistemas/de-raiz-flotante/>

Fao. (2002). Despilfarro y mal uso del agua <https://www.fao.org/3/y3918s/y3918s05.htm>

Fao. (2002). Perspectivas para el medio ambiente agricultura y medio ambiente.

<https://www.fao.org/3/y3557s/y3557s11.htm>

Geaseeds.com. (2018). Cultivo aeroponico. <https://geaseeds.com/blog/cultivo-aeroponico/>

Gimenez, j. B. (2015). Cultivo en hidroponia.

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/documento_completo.pdf?sequence=1

Google maps. (2022). Visata satelital de la finca.

<https://www.google.es/maps/place/5%C2%B038'03.8%22n+73%C2%B041'42.6%22w/@5.6343823,73.6956992,288m/data=!3m2!1e3!4b1!4m1!1m4!3m3!1s0x0:0xcd2c39e2410abf9!2znckwmjinndkuncjoidczwrayncc1ms4zilc!3b1!3m5!1s0x0:0x9671fb1118fe8685!7e2!8m2!3d5.6343809!4d-73.695>

Groho. (2021). Perfeccion el pH de la solución nutritiva <https://www.groho.es/post/perfeccion-el-ph-de-la-solucion-nutritiva>

<https://www.groho.es/post/perfeccion-el-ph-de-la-solucion-nutritiva>

gruporuizperu. (septiembre de 2019). *sistema NFT piramidal [Figura]*. Obtenido de:

<https://gruporuizperu.negocio.site/>

Grupo banco mundial. (2021). Cresiminto de la poblacion mundial, seguridad alimentaria.

<https://www.bancomundial.org/es/topic/food-security>

Henao sandoval, j. G. (1896). El cultivo de la lechuga.

<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/2073>

Herrera, j. (27 de agosto de 2019). Uso eficiente del agua a través de la hidroponía.

<https://ecomercioagrario.com/uso-eficiente-del-agua-a-traves-de-la-hidroponia/>

Hidroponía Acuaponía Peces y más. (11 de octubre de 2020). *Como construir un módulo para hidropónia mixto NFT y cama flotante #1*[video]. Youtube.

<https://www.youtube.com/watch?v=1idDg LH6FY0&t=300s>

Holandes, e. (4 de julio de 2016). Historia de la hidroponía.

<https://elholandespicante.com/plantas/la-historia-la-hidroponia/>

Hydroenv. (2021). ¿Qué es el sistema NFT.

https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=101

Hydroenv. (2022). ¿Qué es la conductividad eléctrica.

https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=35

Intagri. (2015). *sistema hidropónico NFT horizontal [Figura]*. Obtenido de

<https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/produccion-de-hortalizas-en-sistemas-hidroponicos>

Intagri. (2017). Solución nutritiva y su monitoreo mediante análisis químico completo.

<https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/solucion-nutritiva-y-su-monitoreo-mediante-analisis-quimico-completo>

MyPot.eu. (28 de julio de 2015). Las 7 ventajas del cultivo hidropónico.

<https://mypot.eu/blog/cultivar-en-casa/las-7-ventajas-del-cultivo-hidroponico/>

López, c. (2021). Conceptos básicos de producción. <https://www.gestiopolis.com/conceptos-basicos-produccion/>

Perilla, d. A. (7 de julio de 2019). Propuesta de un modelo de negocio para la producción de lechuga (*Lactuca sativa*) basado en un sistema hidropónico en la finca “La Morenita”, del municipio de Carmen de Carupa (Cundinamarca).
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1313&context=administracion_agronegocios

Puerto rico farm credit. (2022). Sistemas de cultivos hidropónicos.
<https://prfarmcredit.com/sistemas-de-cultivos-hidroponicos/>

Rosa pertierra lazo, j. Q. (01 de marzo de 2021). <https://web-a-ebsohost-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=a257f8f6-11d0-4d18-bb9f-9da2f330dc9b%40sdc-v-sessmgr02>

Rotoplas. (25 de junio de 2018). Como funciona un sistema de captación de agua lluvia.
<https://rotoplas.com.mx/como-funciona-un-sistema-de-captacion-de-agua-de-lluvia/>

Rural, s. D. (21 de marzo de 2018). Como cuidar el agua, hidroponía y tecnificación.
<https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/como-cuidar-el-agua-hidroponia-y-tecnificacion>

Sanchez, w. (22 de abril de 2020). Hidroponía en pirámide para producir más en menos lugar.
<https://www.abc.com.py/edicion-impresa/economia/2020/04/22/hidroponia-en-piramide-para-producir-mas-en-menos-lugar/>

Santos, f. V. (noviembre de 2011). Aprovechamiento de Agua de Lluvia en la Producción hidropónica de Lechuga (*Lactuca sativa*

L.)[http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1488/aprovechamiento%20de%20agua%20de%20lluvia%20en%20la%20produccion%20hidroponica%20de%20lechuga%20\(lactuca%20sativa%20l.\)..pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1488/aprovechamiento%20de%20agua%20de%20lluvia%20en%20la%20produccion%20hidroponica%20de%20lechuga%20(lactuca%20sativa%20l.)..pdf?sequence=1)

Semillas Low Cost . (2019). *sistema aeroponico [Figura]*. Obtenido de:

<https://www.semillaslowcost.com/blog/cultivo-aeroponico/espaol-web.pdf>

Upb.edu.co. (04 de mayo de 2021). Cultivos hidropónicos en casa.

<https://www.upb.edu.co/es/central-blogs/sostenibilidad/cultivos-hidroponicos-en-casa>

Valdivelso, a. (2021). Que es agua. <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua>

Verdegen. (08 de abril de 2017). Tipos de sistemas hidropónicos.

<https://generacionverde.com/blog/hidroponia/tipos-de-sistemas-hidroponicos/>

Vos. (01 de marzo de 2021). Diferencia entre lechuga normal e hidropónica

<https://vos.lanacion.com.py/2021/03/01/que-diferencia-hay-entre-la-lechuga-normal-y-la-hidroponica/>