ESTUDIO TÉCNICO Y FINANCIERO DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO PARA UN POLICULTIVO EN ZONAS URBANAS DE BOGOTÁ D.C.

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

WILSON RODRÍGUEZ PINTO, CÓDIGO: 20182377008

LINA PAOLA LOZANO MENESES, CÓDIGO: 20192377019

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD TECNOLÓGICA

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

BOGOTÁ, D.C., 2022

ESTUDIO TÉCNICO Y FINANCIERO DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO PARA UN POLICULTIVO EN ZONAS URBANAS DE BOGOTÁ D.C.

Realizado por:

WILSON RODRÍGUEZ PINTO, CÓDIGO: 20182377008

LINA PAOLA LOZANO MENESES, CÓDIGO: 20192377019

Directora:

NANCY MADRID SOTO

Modalidad:

MONOGRAFÍA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD TECNOLÓGICA

PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN

BOGOTÁ, D.C., 2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

_____

_____

_____

_____

Firma directora

_____

Firma Jurado

_____

Bogotá, D.C., noviembre de 2022

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a nuestros padres, por brindarnos su apoyo incondicional durante toda la carrera, por formarnos como personas con valores y principios, por su amor y por su dedicación, lo cual nos ha fortalecido día a día para continuar en los momentos más difíciles y lograr alcanzar nuestras metas.

A nuestra única y gran educadora la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, a la docente Nancy Madrid Soto, al equipo de docentes y a nuestros compañeros que nos han apoyado durante este ciclo de formación.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer primero a Dios, por guiarnos cada día y permitirnos construir un futuro, alcanzando nuestras metas y objetivos.

A nuestra familia y a nuestros padres, por su confianza, por sus consejos, por el apoyo y las enseñanzas, son ellos a quienes debemos nuestra formación personal, nuestros valores y principios, son la motivación para ser cada día mejores personas, a ser perseverantes y ser constantes hasta lograr nuestros sueños.

A nuestra directora de proyecto la Licenciada M.Sc. Nancy Madrid Soto, por toda su paciencia, dedicación, disposición y tiempo de principio a fin, guiándonos en el desarrollo de este trabajo.

Gracias a todos, esto no hubiese sido posible sin ustedes.

RESUMEN

El presente proyecto contiene una sección investigativa sobre los sistemas hidropónicos de policultivos en casa, con los productos fresa, lechuga, ajo, acelga y espinaca. Se muestra como una alternativa sostenible en un contexto urbano y con la certeza de contar con alimentos mucho más naturales, frescos, sin químicos y de alta calidad nutricional. Seguido de un estudio técnico, que determina la viabilidad del proyecto, y un estudio financiero para conocer los recursos económicos previos a la puesta en marcha del sistema. Así mismo, una evaluación de impacto ambiental con el objetivo de prevenir e identificar los efectos positivos y negativos, y los daños al medio ambiente producto de la implementación del sistema. En el desarrollo del sistema hidropónico de policultivos en una zona urbana de la ciudad de Bogotá D.C., se consideran los recursos, los costos y la inversión necesaria que cualquier persona debería requerir para la construcción de este. Como producto final, a partir de la investigación realizada y el análisis de información relevante sobre el sistema, no solo se cuenta con un manual de todos los pasos a seguir, los elementos necesarios, los costos, el proceso de montaje y las conclusiones, sino que también recomendaciones de los autores sobre el funcionamiento de este, a través de la toma de muestras del sistema hidropónico de policultivos en casa construido y se comparte a comunidad de interés.

Palabras claves: policultivos, sostenible, calidad nutricional, hidropónicos.

TABLA DE CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN 12

1. GENERALIDADES 15

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15

1.1.2 Formulación del problema 18

1.2 JUSTIFICACIÓN 18

1.3 OBJETIVOS 20

1.4 ALCANCE 21

2. MARCO REFERENCIAL 21

2.1 ANTECEDENTES ESTADO DEL ARTE 21

2.2 MARCO TEÓRICO 28

2.3 MARCO CONCEPTUAL 50

2.4 MARCO LEGAL 53

3. METODOLOGÍA 57

3.1 FASE 1. ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DEL ENTORNO 58

3.2 FASE 2. DESARROLLO DEL ESTUDIO TÉCNICO 59

3.3 FASE 3. ELABORACIÓN DEL ESTUDIO FINANCIERO 60

3.4 FASE 4. ELABORACIÓN DEL MANUAL “POLICULTIVO EN SISTEMA HIDROPÓNICO” 61

3.5 FASE 5. SOCIALIZACIÓN 61

4. ANÁLISIS DEL ENTORNO 62

4.1 ENTORNO ECONÓMICO 62

4.2 ENTORNO TECNOLÓGICO 64

4.3 ENTORNO SOCIOCULTURAL 67

4.4 ENTORNO AMBIENTAL 70

4.5 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES 73

5. ESTUDIO TÉCNICO 83

5.1 DETERMINAR LA LOCALIZACIÓN 83

5.2 EL TAMAÑO Y LA CAPACIDAD DEL PROYECTO 88

5.3 LA DISTRIBUCIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA HIDROPÓNICO 88

5.4 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL SISTEMA 92
5.5 RESULTADOS 100
6. ESTUDIO FINANCIERO 111
6.1 MONTO DE INVERSIÓN TOTAL REQUERIDO 111
6.2 PRESUPUESTO DE INGRESOS Y EGRESOS 114
6.3 TASA DE DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN 118
6.4 ANALIZAR COSTOS Y GASTOS 119
6.5 PRO FORMA 119
6.6 FLUJO NETO 121
6.7 PUNTO DE EQUILIBRIO 122
7 MANUAL DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO PARA POLICULTIVO 124
8 SOCIALIZACIÓN 131
9 CONCLUSIONES 133
10 RECOMENDACIONES 135
BIBLIOGRAFÍA 137
ANEXOS 145
Anexo A Diagrama de proceso 145
Anexo B Matriz simple 147
Anexo C Ecuaciones 149
Anexo D Evidencias de socialización del manual de hidroponía 151

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Microlocalización y Macrolocalización 29
Tabla 2 Ventajas y Desventajas de la Hidroponía 35
Tabla 3 Niveles de pH 39
Tabla 4 Niveles de conductividad eléctrica por cultivo 40
Tabla 5 Consumo de agua de la lechuga 44
Tabla 6 Consumo de agua del ajo 45
Tabla 7 Consumo de agua de la espinaca 46
Tabla 8 Consumo de agua de la fresa 47
Tabla 9 Consumo de energía sistema hidropónico 47
Tabla 10 Normatividad Aplicable Sistemas Hidropónicos 53
Tabla 11 Jerarquización aspectos ambientales 74
Tabla 12 Jerarquizan las etapas del proceso 75
Tabla 13 Criterios metodología de criterios integrados 77
Tabla 14 Matriz de impacto ambiental 79
Tabla 15 Jerarquización de aspectos benéficos 81
Tabla 16 Jerarquización de aspectos perjudiciales 82
Tabla 17 Estratificación Localidad Usme 85
Tabla 18 Medidas piezas necesarias para la estructura 93
Tabla 19 Dosis nutrientes mayores y menores 95
Tabla 20 Horario de encendido de bomba sumergible para circulación de solución nutritiva 97
Tabla 21 Tiempo de producción de las plantas 107
Tabla 22 Costo maquinaria y equipos 112
Tabla 23 Inversión materiales 113
Tabla 24 Inversión Insumos - Servicios públicos 114
Tabla 25 Capital total de trabajo 114
Tabla 26 Inversión total 114
Tabla 27 Pronóstico de ingreso 115
Tabla 28 117
Tabla 29 Ingresos netos 118
Tabla 30 Depreciación equipo y maquinaria 118
Tabla 31 Análisis de costos y gastos 119
Tabla 32 Estado de Resultados proyecto 120
Tabla 33 Balance General 120
Tabla 34 Flujo neto del proyecto 121
Tabla 35 Análisis punto de equilibrio 122
Tabla 36 Listado de asistencia socialización 152

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estudio Técnico 29
Figura 2 Estudio económico-financiero 32
Figura 3 Componentes de los sistemas hidropónicos 1 37
Figura 4 Componentes de los sistemas hidropónicos 2 38
Figura 5 Tipos de sistemas hidropónico 41
Figura 6 *Interés en la hidroponía* 68
Figura 7 Interés de Colombia en la hidroponía 68
Figura 8 Interés por subregiones de Colombia en hidroponía 69
Figura 9 Localidades de Bogotá 83
Figura 10 Estratificación socioeconómica urbana Localidad 5 - Usme 86
Figura 11 Ubicación del sistema hidropónico casero 87
Figura 12 Vistas -Estructura del Sistema Hidropónico casero 89
Figura 13 Diseño Final – Estructura del Sistema Hidropónico 90
Figura 14 *Medidas - Estructura del Sistema Hidropónico casero* 91
Figura 15 *Explosionado - Estructura del Sistema Hidropónico casero* 91
Figura 16 Diagrama de flujo – Proceso de fabricación de un sistema hidropónico 99
Figura 17 Guadua reciclada 100
Figura 18 Abrazaderas recicladas 101
Figura 19 Canastilla con vasos desechables 101
Figura 20 102
Figura 21 102
Figura 22 102
Figura 23 Tubos de cultivos en estructura 102
Figura 24 103
Figura 25 Ensamble estructura sistema hidropónico 103
Figura 26 Medidor de pH 104
Figura 27 Medidor de electroconductividad 104
Figura 28 Plántulas en germinación 104
Figura 29 Traspaso de plántulas 104
Figura 30 Fresas afectadas por alteración de pH 105
Figura 31 Crecimiento productos semana 1 106
Figura 32 Crecimiento productos semana 2 106
Figura 33 Crecimiento productos semana 3 106
Figura 34 Cultivo lechuga morada sistema hidropónico 107
Figura 35 Cultivo menta y lechugas sistema hidropónico 107
Figura 36 Cultivo lentejas sistema hidropónico 108
Figura 37 Cultivo pimentón sistema hidropónico 108
Figura 38 Resultados del sistema hidropónico de policultivo - Fresas 108
Figura 39 Resultados del sistema hidropónico de policultivo - Lechuga 109
Figura 40 Resultados del sistema hidropónico de policultivo - Ajo 109
Figura 41 Resultados del sistema hidropónico de policultivo - Acelga 110
Figura 42 Comparación consumo de agua plantas 111
Figura 43 Punto de equilibrio - Análisis gráfico 123

Figura 44 Portada del manual básico de policultivo en sistema hidropónico 124
Figura 45 Tanque de almacenamiento de solución nutritiva..... 127
Figura 46 Vista interior de un tubo de cultivo 127
Figura 47 Sistema hidropónico vertical ensamblado 128
Figura 48 Sistema hidropónico vertical en operación..... 129
Figura 49 Plántula de lechuga verde crespa en celda de cultivo..... 129
Figura 50 Plántula de espinaca en espuma agrícola..... 130
Figura 51 Plántula de ají en celda de cultivo artesanal 130
Figura 52 Plántulas de lechuga romana..... 130
Figura 53 Invitación socialización 132
Figura 54 Socialización del manual 151
Figura 55 Correo entregado a los asistentes con manual socializado 152

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Diagrama de proceso..... 145
Anexo B. Matriz simple..... 147
Anexo C. Ecuaciones..... 149
Anexo D. Evidencias de socialización del manual de hidroponía 1497

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el mundo se enfrenta a diversos fenómenos como lo son: el crecimiento poblacional, la tendencia a la mega-urbanización, el cambio climático y otras problemáticas de índole social y económico, que se han visto potenciados a raíz de la pandemia, provocada por el virus COVID 19, dichos fenómenos han desatado una crisis ambiental que crece de manera exponencial a causa del consumo desmedido e irresponsable; la falta de cultura ambiental, el mal manejo y no aprovechamiento de los residuos sólidos utilizables así como la falta de desarrollo y apropiación de nuevas y eficientes tecnologías.

Se estima que, una vez superada la pandemia, se podrán construir modelos sostenibles, reduciendo el consumo de agua y suelo, y disminuyendo la contaminación del medio ambiente; así mismo, se garantizarán productos frescos y de alta calidad nutricional.

Como solución a esta problemática, existen modelos que orientan la gestión de los recursos tales como la economía circular; la cual hace referencia a sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de materiales, agua y la energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas, se basa en el principio de tratar de mantener los materiales, que de por sí son escasos, dentro del ciclo productivo durante el mayor tiempo posible. (GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, 2019, págs. 19-20). Un ejemplo de lo anterior, lo constituye el documento CONPES 3874 de 2016, que surge como política nacional para la gestión integral de residuos sólidos y tiene como objetivo implementar la gestión integral de residuos sólidos como política nacional de interés social, económico, ambiental y sanitario, para contribuir al fomento de la economía

circular, desarrollo sostenible, adaptación y mitigación al cambio climático (CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL, 2016, pág. 3).

Gracias a lo anterior, se han generado estrategias para el desarrollo de productos amigables con el ambiente. Algunas de estas estrategias son la eco-eficiencia y el eco-diseño; la primera definida por el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (CMDES) como bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas y mejoran la calidad de vida al tiempo que reducen los impactos ecológicos; y la segunda que consiste en integrar los aspectos ambientales en la concepción y desarrollo de un producto, el eco diseño permite reducir la degradación de los ecosistemas, el impacto directo en la salud humana y el agotamiento de los recursos naturales (ADÁN, 2014, pág. 3)

Con la articulación, integración e implementación de dichos modelos y estrategias, se abre la oportunidad de ofrecer al mercado productos eco-sostenibles que fomenten el cuidado y protección del medio ambiente que garanticen una mejor calidad de vida para la humanidad.

Por su parte, Colombia es un país con grandes recursos naturales, gran potencial agropecuario, pesquero y forestal, su economía en el transcurso de la historia ha dependido de la explotación de dichos recursos. Así mismo, los esquemas de desarrollo y la globalización de los mercados exigen una mayor competitividad, cumplir con procesos de producción y calidad a fin de lograr comercializar sus productos en mercados tanto locales como internacionales; por tal motivo, todo lo que se produzca en el país debe tener los mejores estándares de calidad y eficiencia que le permitan competir en esta nueva economía. (ANDI, 2015, págs. 7 - 12)

Adicionalmente y teniendo en cuenta los efectos de la pandemia sobre el sector agroalimentario, se necesitan medidas urgentes para garantizar que las cadenas de suministro alimentario se mantengan en funcionamiento con el fin de mitigar el riesgo de grandes perturbaciones que puedan afectar de manera considerable a todo el mundo, en especial a las personas pobres y más vulnerables. (NACIONES UNIDAS, 2020, págs. 3, 50)

En vista de lo anterior, se vislumbra la necesidad de generar espacios y proyectos que contribuyan a la educación ambiental, el aprovechamiento de los recursos y la implementación de tecnologías en el desarrollo de sistemas y mecanismos de producción que dinamicen la industria agraria colombiana y favorezcan a la población mejorando su calidad de vida. Es por ello, que se realiza una búsqueda exhaustiva a través de la consulta de documentos, bibliografía, vídeos, noticias, publicaciones web, revistas, experiencias y registros sobre los sistemas de producción hidropónicos. Mediante esta técnica se producen plantas principalmente de tipo herbáceo, aprovechando sitios o áreas no convencionales, sin perder de vistas las necesidades de las plantas, como luz, temperatura, agua y nutrientes. En el sistema hidropónico los elementos minerales esenciales son aportados por la solución nutritiva y el rendimiento de los cultivos hidropónicos pueden duplicar o más los de los cultivos en suelo. (BELTRANO & GIMENEZ, 2015, pág. 9)

De acuerdo con lo anterior, mediante esta monografía se pretende determinar las condiciones técnicas y financieras requeridas en un sistema de policultivo (fresa-ajo-espinaca-lechuga) hidropónico en áreas urbanas de la ciudad de Bogotá D.C., la cual se muestra como un proyecto urbano sostenible y una alternativa para la crisis alimentaria, la reducción de desperdicios, aprovechamiento eficiente de los recursos, mejor uso del agua y

ahorro de energía. Así mismo, la asociación de cultivos, permite la diversidad genética de los sistemas, reducir del riesgo de incidencia de plagas y enfermedades, mejorar la calidad nutricional de las plantas y aumentar la calidad e intercambio de nutrientes de forma balanceada.

Vale la pena destacar los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de la carrera como herramientas para la estructuración del presente trabajo. Gestión ambiental, para definir la normatividad aplicable, las relaciones causa-efecto entre el proyecto y el ambiente y la descripción-análisis del medio donde se realizará. Formulación de proyectos, para elaborar un estudio técnico, determinar las etapas del proyecto, desarrollo de análisis financiero, proyección de costos y evaluación de alternativas, asi como aplicar conocimiento adquiridos en las asignaturas gestión de la producción, diseño industrial, evaluación de impacto ambiental y producción más limpia, para diseñar un producto de alta calidad y de manera adecuada que cumpla con normatividad y especificaciones logrando el máximo beneficio y rendimiento de esta tecnica de cultivo.

1. GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 Descripción del problema

Los acelerados modelos de desarrollo y crecimiento han ocasionado una alta y progresiva degradación de los ecosistemas, problemática que se refleja en el deplorable estado de suelos, fuentes hídricas, aparición de plagas, enfermedades y fenómenos ambientales que impiden o dificultan que miles de hectáreas puedan cultivarse de forma tradicional.

Actualmente, en Bogotá D.C., hay problemas de abastecimiento debido a las deficiencias en la infraestructura de carga para verduras, frutas y hortalizas, lo que dificulta la distribución e incrementa los costos de transporte. Por esta razón, se proponen los policultivos hidropónicos como parte de la solución a este problema ya que estos permiten acercar la producción de alimentos a la capital y en general a cualquier comunidad de una manera tecnificada. Potencialmente, además de producir la mayoría de las hortalizas de hoja y muchos otros alimentos que han visto reducida su oferta. (GALVIZ & RINCÓN, 2018, pág. 8)

Principalmente, los productores de fresa y otros cultivos propios de la Sabana de Bogotá se enfrentan a problemáticas relacionadas con el financiamiento de las nuevas tecnologías, al suministro y la calidad del agua y la crisis sanitaria y fitosanitaria por la presencia de plagas, entre estas la araña roja. Estas situaciones pueden ser abordadas a partir del desarrollo de un nuevo sistema de cultivo hidropónico especializado en el cultivo de fresa y otros y que adicionalmente utilice energía solar para su funcionamiento, teniendo en cuenta que el desarrollo y la apropiación de tecnologías es parte de uno de los mandatos recibidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (MARULANDA & IZQUIERDO, 2013, pág. 6)

En un estudio del año 2009, la *Food and Agriculture Organization*, organismo de Naciones Unidas encargado de estudiar los datos relacionados con los pasos para alimentar a una siempre creciente población, estimó que la producción de alimentos mundial deberá aumentar un 70% hacia el 2050, por sobre la producción de dicho año, con especial énfasis en la optimización de los recursos utilizables, como lo son el agua y los terrenos fértiles (FAO F. D., 2009, pág. 2). Si tenemos en cuenta la alta eficiencia y productividad que

generan los sistemas de policultivo de tipo hidropónico, se puede contribuir al aumento de la producción de alimento sin alterar significativamente las condiciones ambientales y contribuyendo de la misma manera a su preservación.

Para aumentar la producción, las tecnologías agrícolas han hecho uso de semillas transgénicas y otras técnicas invasivas, lo que ha llevado al consumidor final a pensar seriamente en lo que está consumiendo en su mesa. Este pensamiento, en conjunto con una mayor preocupación con los estilos de vida y la salud, hacen que las personas dirijan su atención hacia los productos orgánicos, los cuales han ido en aumento en participación de mercado en los últimos años. Estos alimentos orgánicos son, en su mayoría, cultivados en sistemas hidropónicos, debido a tener una menor necesidad de pesticidas y otros elementos nocivos al ser cultivados en invernaderos. Además, hoy en día, con el incremento de videos DIY en YouTube, y tutoriales para hacer todo en casa, ha llevado a los consumidores finales a pasar de una sociedad consumista, a una sociedad autosuficiente, en donde muchas familias están cultivando sus propios vegetales, haciendo sus propias construcciones, desarrollando sus propios inventos. Es aquí donde la hidroponía automatizada entra a ser un factor importante a la hora de crear tu propia huerta hidropónica (LÜBBERT CARMONA, 2016, pág. 5). Se ha demostrado que la producción de un policultivo hidropónico puede obtener dos veces o más lo producido por un cultivo tradicional en suelo fértil.

Pese a lo anterior, no se puede pensar en resolver un problema de carácter económico y social como lo es la seguridad alimentaria sin tener en cuenta el impacto ambiental que puede tener tal solución. Es por esto, que durante el desarrollo de este proyecto se tiene como principio el uso de materiales e insumos de carácter orgánico, que permitan generar alternativas para al autoabastecimiento de los hogares sin generar ningún

tipo de alteración en el ambiente y, por el contrario, contribuir con la producción ambientalmente responsable.

1.1.2 Formulación del problema

Definiendo las implicaciones técnicas y financieras, ¿cuál es el procedimiento para la implementación, operación y mantenimiento de un sistema de policultivo hidropónico en zonas urbanas de la ciudad de Bogotá D.C. que permita contribuir en la seguridad alimentaria de los ciudadanos, el ahorro de agua, ahorro de energía y que sea amigable con el medio ambiente?

1.2 JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, los países en vía de desarrollo e incluyendo esporádicamente algunos desarrollados, se han visto con dificultades para conseguir alimentos. En la actualidad el mundo provee escasamente los recursos suficientes para satisfacer una necesidad primordial: la alimentación (PELÁEZ & OJEDA, 2020, pág. 16). Según un reciente informe presentado por el Programa Mundial de Alimentos (PMA) de la Organización de las Naciones Unidades (ONU), el mundo se enfrenta a hambrunas de proporciones bíblicas. Se calcula que la falta de alimentos podría afectar hasta a 265 millones de personas y que más de 30 países en vías de desarrollo podrían sufrir por esta hambruna generalizada (ARÁUZ, 2020, párrafo segundo). Frente a esta situación y dado que muchas familias aún no cuentan con un apoyo económico, estas se ven obligadas a reinventarse para suplir sus necesidades básicas, principalmente la necesidad de alimentarse correctamente; es por esto que las huertas orgánicas caseras (horticultura) han tomado relevancia en los últimos días, ya que en ellas se encuentra una forma de alimentarse

saludablemente, bajar gastos de alimentación y porque no, generar algunos ingresos adicionales con la venta de estos productos.

Una solución pronta y relativamente fácil para solventar esta problemática es producir los alimentos que consumimos por medio de huertas caseras. De esta forma, se podrá tener productos frescos, con muy buen sabor, con una mejor maduración y con destacadas características. Esto significará un ahorro de dinero (ARÁUZ, 2020, párrafo octavo).

El cambio climático representa una importante y creciente amenaza para la seguridad alimentaria mundial. Los efectos previstos del cambio climático — aumento de las temperaturas, mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, escasez de agua, elevación del nivel del mar, acidificación de los océanos, degradación de la tierra, perturbación de los ecosistemas y pérdida de biodiversidad — podrían comprometer seriamente la capacidad de la agricultura para alimentar a los más vulnerables, impidiendo el avance hacia la erradicación del hambre, la malnutrición y la pobreza (FAO F. O., 2019, pág. IX)

La agricultura y la seguridad alimentaria mundiales afrontan enormes desafíos. El aumento de la población y la elevación de los ingresos en una buena parte del mundo en desarrollo han impulsado la demanda de alimentos y de otros productos agrícolas hasta niveles sin precedente; la generalizada degradación de la tierra y el aumento de la escasez de agua limitan las posibilidades de incrementar los rendimientos agrícolas. La intensificación de dichos fenómenos meteorológicos extremos sobre la agricultura conducirá a que cada vez sea más difícil cultivar cosechas, criar animales, gestionar

bosques y capturar peces en los mismos lugares y de la misma manera que antes. (FAO F. O., 2019, págs. 90 - 93)

Ante este panorama tan preocupante, Colombia ha venido trabajando y buscando alternativas y herramientas que le permitan avanzar en sus metas relacionadas con el segundo objetivo de desarrollo sostenible – Hambre Cero (Unidas, 2015, pág. 1), con el fin de disminuir la malnutrición, el hambre, aliviar la pobreza y mejorar la seguridad alimentaria de la población vulnerable; cabe mencionar que nuestro potencial en el sector agrícola se explota y aprovecha en un bajo porcentaje, por lo que la tecnificación y automatización de la producción agrícola es prioritaria si se desea competir en el ámbito económico mundial (ANDI, 2015, págs. 12 - 20)

La principal preocupación de esta monografía es lograr diseñar una alternativa en la producción de alimentos de mejor calidad, en una menor área de producción y con técnicas modernas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Realizar el estudio técnico y financiero de un sistema de hidropónico vertical para un policultivo en el barrio Usme Centro de la ciudad de Bogotá D.C.

1.3.2 Objetivos específicos

- Elaborar el análisis del entorno e identificar el contexto, económico, socio cultural, tecnológico y ambiental en el cual se desarrollará el proyecto.

- Realizar el estudio técnico para un sistema de policultivo hidropónico adaptable a zonas urbanas de la ciudad de Bogotá D.C.
- Realizar el estudio financiero del proyecto definiendo los recursos monetarios necesarios para la implementación de un sistema de policultivo hidropónico en una residencia de la zona urbana de Bogotá D.C.
- Elaborar un manual con el procedimiento para el diseño, la implementación, la operación y el mantenimiento de un sistema de policultivo hidropónico adaptable a zonas urbanas de la ciudad de Bogotá D.C.
- Socializar a un grupo poblacional los resultados obtenidos durante el desarrollo de la monografía.

1.4 ALCANCE

El alcance de la siguiente monografía se puede explicar a través de la recopilación de información relevante sobre los sistemas de policultivos hidropónicos, el estudio del entorno, el estudio técnico y financiero, así como la selección de la estructura y los nutrientes más adecuados. Además, contempla el montaje del sistema en una zona urbana de la ciudad de Bogotá D.C. y el análisis de resultados obtenidos de cada uno de los cultivos hasta la socialización con las comunidades de interés.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 ANTECEDENTES ESTADO DEL ARTE

2.1.1 Origen de la hidroponía

Los orígenes de la hidroponía provienen del tiempo de los Aztecas y los Mayas, quienes hicieron los primeros sistemas de cultivo en una mezcla de agua y tierra. En el siglo XVII empiezan a surgir los primeros experimentos relatados por Sir Jhon

Woodward, y en 1935 William Frederick Gericke, catedrático de la Universidad de California, implementó cultivos en donde reemplazó tierra por agua y eran alimentados con nutrientes y abonos suministrados por este mismo medio, llamó a estos sistemas: Sistemas Hidropónicos. Sin embargo, para la gran mayoría de las publicaciones en temas hidropónicos aceptan como antecedentes: los jardines colgantes de Babilonia y a los jardines flotantes de China (Forero, Parra, Luna, & Rivera, 2011, pág. 2)

A finales de la década de 1920, el doctor William Gericke, convirtió las técnicas de laboratorio en métodos prácticos para la producción de alimentos. Más tarde, estos conocimientos fueron utilizados por soldados británicos y estadounidenses, que durante la Segunda Guerra Mundial mantuvieron cultivos hidropónicos en sus bases militares (Aquino, 2014, pág. 8)

2.1.2 Actualidad de la hidroponía

La hidroponía como técnica de cultivo ha alcanzado un alto grado de sofisticación en países desarrollados. Los nuevos materiales permitieron, por ejemplo, el desarrollo a escala comercial de la agricultura protegida (cultivos en invernadero) (BELTRANO & GIMENEZ, 2015, pág. 25) ; el modernismo permitió la introducción de los más recientes avances de la electrónica, la informática (hardware y software) para el control y ejecución de actividades y de las nuevas tecnologías en comunicaciones e información geográfica, que han hecho de la automatización del cultivo hidropónico una realidad y una tendencia cada vez más generalizada con los consecuentes beneficios económicos y de manejo (BELTRANO & GIMENEZ, 2015, pág. 25)

Hoy la hidroponía se vislumbra como una solución a la creciente disminución de las zonas agrícolas producto de la contaminación, la desertización, el cambio climático, el crecimiento desproporcionado de las ciudades y áreas urbanas (BELTRANO & GIMENEZ, 2015, pág. 26) ; y el continuo aumento poblacional, cabe resaltar que la hidroponía es vista como una de las más fascinantes ramas de la ciencia agronómica y es responsable de la alimentación y de la generación de ingresos para millones de personas alrededor del mundo (Sánchez Rosa, 2012, pág. 47)

2.1.3 Hidroponía en el mundo

A partir de 1950 el incremento de las plantaciones hidropónicas se extendido por todo el mundo, en especial ha servido para habilitar áreas en donde la agricultura tradicional era imposible de practicar (zonas desérticas, contaminadas, con poca disponibilidad de agua, etc.). Se destacan plantaciones en países como Japón, Holanda, Francia, Inglaterra, Nueva Zelanda, Australia, Alemania, Italia, España, Suecia, Rusia, Sudáfrica e Israel (BELTRANO & GIMENEZ, 2015, pág. 24)

Hoy, la hidroponía es una rama establecida de la ciencia agronómica, que ayuda a la alimentación de millones de personas (HIDROPONIAROSARIO, 2021, párrafo segundo). A nivel mundial se estima que los cultivos hidropónicos generan ingresos por 821 millones de dólares con un crecimiento anual de 4.5 % de 2011 a 2016, de acuerdo al informe de IBIS World (Suárez, 2019, pág. 21). Durante el periodo del 2013 al 2018, el valor del mercado mundial de los alimentos producidos por hidroponía ha venido creciendo a una tasa de crecimiento anual compuesta de un 6.5%. (Infroagro, 2018, párrafo tercero).

2.1.4 Hidroponía en Colombia

Antes de 1989 en Colombia, los cultivos hidropónicos se utilizaron principalmente para producir tomates, lechugas, pimientos, pepinillos, hortalizas de huerta casera, hojas, bulbos y forraje hidropónico (CETINA & GONZÁLEZ, 2018, pág. 14)

En 1992, se implementan los cultivos hidropónicos de flores, principalmente el clavel, utilizando un sustrato compuesto de escoria de carbón, a base de cáscara de arroz de coco y turba. La presencia de una humedad excesiva en los cultivos hidropónicos y al control inadecuado de este, es una de las causas de la aparición de hongos que son transportados por esporas y por el aire ponen en riesgo la salud de las plantas (Merchan, 2011, pág. 17). Como consecuencia, los cultivos de clavel sufrieron de una epidemia de Fusarium oxysporum, hongo originario de Panamá, siendo la primera especie que permitió el desarrollo de las técnicas hidropónicas para cultivo de flores en Colombia (BELTRANO & GIMENEZ, 2015, pág. 29). Entre 1997 y 1998, se iniciarán los primeros ensayos con el cultivo hidropónico de rosas y de otras especies como Gypsophilla, Gerbera, Hortensia, Statice, Calla, Snapdragon, Anturio, Orquídeas y la Bromelias entre otras (CETINA & GONZÁLEZ, 2018, pág. 14). Para 2007, ya el 50% de la producción clavelera colombiana se hacía en camas hidropónicas; en este caso los costos de producción se elevan en un 8%, pero la calidad y los rendimientos suben en un 20% a causa de la mayor densidad de siembra y los altos grados de calidad Premium (CETINA & GONZÁLEZ, 2018, pág. 14).

Por otro lado, realizando una investigación acerca de los cultivos hidropónicos de fresas en Colombia, se encontró La finca Fresas Santamaría, empezaron hace diez

años cultivando fresas en tubulares verticales colgados o envases verticales de polietileno, rellenas de sustrato de cascarilla de arroz más escoria fina de carbón. En estos, se sembraron las plantas con orificios abiertos por los cuatro costados (Calderón, 2003, párrafo tercero). Con el pasar del tiempo, han buscado evolucionar el sistema implementado con el fin de generar una homogeneidad en la nutrición de las plantas y por consiguiente un mayor rendimiento económico del cultivo.

El suministro de agua es dado a través del Río Bogotá en una zona con muy poca contaminación y un pozo profundo; adicionalmente en el reservorio se les da una purificación adicional mediante la adición de una lechada de hidróxido de calcio. A través de varios experimentos se ha definido la técnica actual, la cual consiste en la siembra de envases horizontales y en canales horizontales simples de polietileno negro calibre 6. Estos son más fáciles de cosechar y de mantener y las plantas reciben máxima iluminación por todos los costados, maximizando así la fotosíntesis (Calderón, 2003, párrafo 6).

Así mismo, en el Municipio de Suesca - Cundinamarca se encuentra ubicada la Finca La Rinconada fundada por Luis Alfonso Mancera y Elena Hernández hace más de 21 años. Son una empresa productora y comercializadora de fresas a través de cultivos hidropónicos (hidro: agua, ponía: labor).

2.1.5 Agricultura urbana e hidroponía En Bogotá D.C.

La agricultura urbana y periurbana es un tema central de las ciudades contemporáneas que guarda relación con la seguridad alimentaria. En Bogotá la dimensión e importancia de esta práctica como estrategia de desarrollo urbano no ha

sido lo suficientemente aprovechada, entre otras, por la falta de una política pública (Instituto de Estudios Urbanos - IEU, 2020, pág. 1). Según el Jardín Botánico de Bogotá (JBB), la agricultura urbana en la capital se puede realizar en zonas blandas (como antejardines o lotes sin construcción) o en zonas duras (terrazas, patios), utilizando potencial local como la fuerza de trabajo, el área libre disponible, las aguas lluvia y los residuos sólidos. Igualmente permite articular conocimientos técnicos y saberes tradicionales, con el fin de promover la sostenibilidad ambiental y generar productos alimenticios limpios para el autoconsumo y comercialización, fortaleciendo el tejido social. En ese sentido, la directora del Jardín Botánico de Bogotá, Martha Perdomo, asegura que la entidad ha impulsado la agricultura urbana como una práctica que además de aportar a la seguridad alimentaria y nutricional (Instituto de Estudios Urbanos - IEU, 2020, párrafo septimo).

En el Jardín Botánico de Bogotá la agricultura urbana se fomenta como una estrategia que aporta al conocimiento de la flora y agrobiodiversidad del Distrito Capital, capacitando a la población para el manejo del patrimonio genético por medio de la conservación de semillas, el mejoramiento de la cobertura vegetal, la mitigación de los efectos del cambio climático, el aprovechamiento de los residuos orgánicos, la implementación de tecnologías apropiadas y el fomento de la seguridad alimentaria. Sin embargo, las técnicas de cultivo como la hidroponía y la acuaponía están en auge, son nuevas para la ciudadanía y hasta ahora se están iniciando pequeñas implementaciones en la ciudad.

La hidroponía tiene un alto potencial de desarrollo y puede ser aceptada de una manera efectiva por la ciudadanía de Bogotá D.C, por ello es necesario dar el primer

paso y demostrar que la implementación de sistemas de policultivo hidropónico en la ciudad de Bogotá D.C es viable y sería muy beneficioso.

2.1.6 El futuro de la hidroponía

El futuro de las grandes ciudades es actualmente uno de los temas de debate. Se dice que en el año 2050 el 80% de la población mundial residirá en centros urbanos, lo que pone en duda el modelo de crecimiento actual, que no está pensado para satisfacer las nuevas necesidades de la población. El suministro de energía o de agua, el transporte, la gestión de los residuos o los propios sistemas constructivos deberán cambiar para acercarse a un modelo más sostenible, para dar forma a lo que se ha dado en llamar ciudades inteligentes. Uno de los problemas que se plantean en las grandes ciudades o centros distantes de los lugares de producción, es el suministro de verduras y hortalizas frescas, hecho que ha abierto nuevos horizontes a estos sistemas de cultivo sin suelo (BELTRANO & GIMENEZ, 2015, pág. 29).

En Holanda y otros países con alto grado de desarrollo en cultivos intensivos las técnicas de cultivo sin suelo (CSS) han avanzado, desarrollando industrias conexas y numerosas tecnologías relacionadas con el desarrollo de medios de cultivo como la perlita, la vermiculita, turba, arena y otros medios apropiados. La NASA la ha utilizado desde hace aproximadamente 30 años para alimentar a los astronautas. Hoy en día las naves espaciales viajan seis meses o un año. Los tripulantes durante ese tiempo comen productos vegetales cultivados en el espacio. La NASA ha producido con esta tecnología (Controlled Ecological Life Support System) desde hace mucho tiempo, desarrollando esta tecnología, para la base proyectada en Marte (BELTRANO & GIMENEZ, 2015, pág. 30).

Los CSS han constituido hasta ahora una solución viable para las diferentes problemáticas mencionadas. Además, es posible que, en un futuro próximo, según los avances tecnológicos, los cultivos en hidroponía se incrementarán en muchas e importantes regiones del mundo, sean más accesibles y económicos, generen menor contaminación, un mejor aprovechamiento energético, menor costo, etc., representan una gran oportunidad de desarrollo e investigación (BELTRANO & GIMENEZ, 2015, pág. 107).

2.2 MARCO TEÓRICO

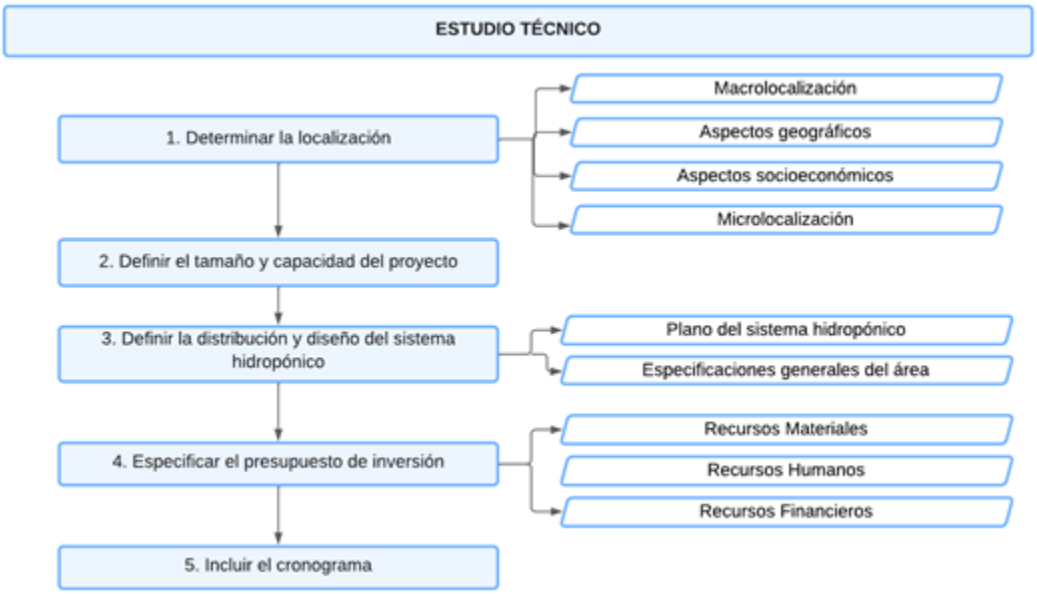
2.2.1 Estudio Técnico

El estudio técnico contempla los aspectos técnico-operativos necesarios para la producción de un bien o servicio deseado, donde se analiza y determina el tamaño óptimo del lugar de producción, la localización, las instalaciones y la organización requerida. Tiene por objetivo demostrar la viabilidad técnica del proyecto, resolviendo las preguntas referentes a dónde, cuánto, cuando, cómo y con qué producir lo que se desea (Córdoba, 2011, pág. 106).

Los aspectos del estudio técnico para el presente proyecto son los siguientes:

Figura 1

Estudio Técnico



Nota: Elaboración propia. Fuente (Gómez, 2001, págs. 59-91)

2.2.1.1 Localización

Determinar la ubicación más adecuada para el sistema de policultivos hidropónicos, considerando criterios económicos, estratégicos, técnicos, sociales, entre otros; buscando maximizar la rentabilidad del proyecto y las alternativas que más factibles. Por consiguiente, para determinar la mejor ubicación del proyecto se analizará:

Tabla 1

Microlocalización y Macrolocalización

Macrolocalización	Microlocalización
• Tendencias de desarrollo de la región. • Condiciones climáticas, ambientales.	• Elegir entre localización urbana o rural. • Tamaño (área) del sitio.

• Presencia de actividades empresariales Conexas	Forma del sitio.

Nota: Aspectos que se tendrán en cuenta para el análisis de la localización. Fuente (Córdoba, 2011, págs. 119-121)

2.2.1.2 Tamaño y capacidad del proyecto

El tamaño es la capacidad de producción que tiene el proyecto durante todo el periodo de funcionamiento (Córdoba, 2011, pág. 129). Se definirá la capacidad de producción, volumen o número de unidades - plantas que se pueden producir en un día, mes o año en los sistemas de policultivos hidropónicos. Esto, permite conocer el nivel de inversión y calcular los costos sobre la rentabilidad estimada.

De igual forma, la decisión que se tome respecto del tamaño determinará el nivel de operación que posteriormente explicará la estimación de los ingresos por venta (Córdoba, 2011, pág. 129)

2.2.1.3 Distribución y diseño del sistema hidropónico

Definir la distribución y diseño de la estructura del sistema para garantizar condiciones aceptables, que proporcionan la óptima funcionalidad y estética. Así mismo, determinar la disposición del área requerida contemplando las dimensiones específicas que ocupa la estructura del sistema de policultivos hidropónicos, la estimación de la demanda del producto y asegurar el consumo más bajo de recursos (luz y agua).

2.2.1.4 Presupuesto de inversión

Se refiere a la estimación de los costos de inversión en que incurrirá un determinado proyecto para su funcionamiento a través de una comparación y selección de alternativas que mejor se ajusten a sus necesidades (Gómez, 2001, pág. 89)

Permite conocer la magnitud de inversión requerida para poner en marcha el proyecto y la selección más adecuada de proveedores, asegurando la calidad del sistema.

2.2.1.5 Incluir el cronograma

Permite fijar el plazo de realización del proyecto. En este caso, se tendrá cuenta el tiempo necesario para la inversión del proyecto en la etapa preoperativa y el tiempo de ejecución requerido en las actividades.

2.2.1.6 Establecer la estructura legal

Regula la normatividad vigente enmarcada en la constitución y la ley, relacionada con la normatividad aplicable en el desarrollo de este proyecto; teniendo en cuenta elementos como: producción de alimentos, medidas sanitarias en sistema agrícolas, preservación y manejo de recursos naturales-renovables, calidad y mantenimiento de cultivos agrícola, calidad y consumo del agua.

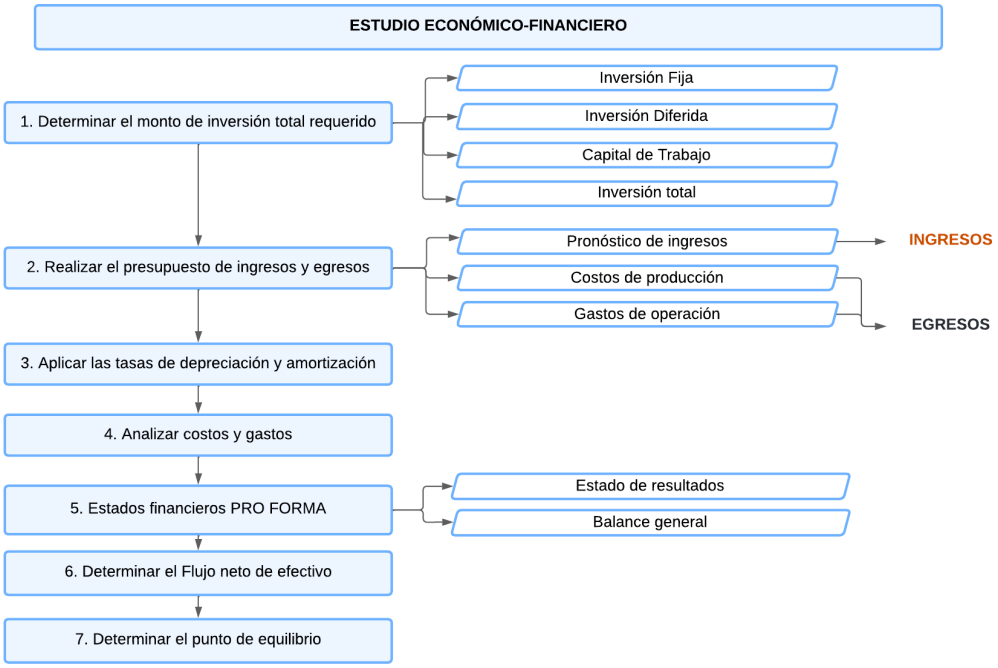
2.2.2 Estudio Financiero

En el marco financiero se especifican las necesidades de recursos a invertir, con detalles de las cantidades y las estimaciones de ingresos y egresos para el período de vida útil del proyecto. Se establecen los recursos que demanda el proyecto, los ingresos y egresos que generará y la manera como se financiará (Córdoba, 2011, pág. 208)

Los aspectos del estudio económico-financiero para el presente proyecto son los siguientes:

Figura 2

Estudio económico-financiero



Nota: Elaboración propia. Fuente (Gómez, 2001, págs. 94-115)

2.2.2.1 El monto de inversión total requerido

Determinar la cuantía de inversión preliminar a la puesta en marcha del proyecto y aquella contemplada durante la operación del sistema de policultivos hidropónicos, permitirá realizar la evaluación económica del mismo. En este caso se considerará la inversión en activos fijos tangibles, inversiones en activos intangibles y el capital de trabajo Finalmente calcular el monto de inversión total requerido para la instalación del sistema de policultivos hidropónicos.

2.2.2.2 Presupuesto de ingresos y egresos

Se obtiene información financiera-monetario producto de la operación del proyecto en determinado periodo de tiempo. Proporcionan una estimación de entrada y salida de efectivo; útil para la realización del Estado de Resultados y Punto de Equilibrio, para posteriormente dar paso a la Evaluación Económica del proyecto en sí (Gómez, 2001, pág. 102). Para este proyecto se pronosticará el volumen y comportamiento en cinco (5) años.

Para el presupuesto de ingresos se calculará la cantidad de ingresos generados por la venta de los productos que genera el sistema de policultivos hidropónicos (fresa, lechuga, ajo, espinaca, acelga).

Para el presupuesto de egresos incluye los costos de producción: directos e indirectos, y gastos de operación: gastos de venta, de administración y financieros, que intervienen en la producción del producto ofrecido; Por último, se calculan los ingresos netos que resultan de la substracción de los egresos menos los menos los ingresos brutos.

2.2.2.3 Aplicar las tasas de depreciación y amortización

La amortización se emplea en dos ámbitos diferentes casi opuestos: la amortización de un activo o de un pasivo. En ambos casos se trata de un valor, con una duración que se extiende a varios periodos o ejercicios, para cada uno de los cuales se calcula una amortización, de modo que se reparte ese valor entre todos los periodos en los que permanece (INCAP, 2017, pág. 5).

La depreciación es el mecanismo mediante el cual se reconoce el desgaste que sufre un activo fijo por el uso que se haga de él (INCAP, 2017, pág. 6).

Se calcula la pérdida de valor de los activos materiales empleados en la implementación del sistema de policultivos hidropónicos.

2.2.2.4 Analizar costos y gastos

Determinar el monto total anual de los costos y gastos de la operación del sistema durante un periodo, teniendo en cuenta la valoración de las partidas que integran los costos y gastos del proyecto.

2.2.2.5 Estados financieros PRO FORMA

Permite definir las proyecciones financieras de un proyecto en el periodo determinado, lo que prevé los resultados económicos que se tendrá en el proyecto una vez se encuentre en operación. Se obtiene mediante el Estado de Resultados y el Balance General. Los cuales sirven como indicadores del comportamiento de la empresa en el futuro, acorde a los recursos de que dispone, a las utilidades que se generen en su actividad y a las obligaciones que deberá cumplir (Gómez, 2001, pág. 110). Como resultado facilitará la toma de decisiones que competen al proyecto.

2.2.2.6 Determinar el Flujo neto de efectivo

Determinar el flujo de caja, para conocer la real situación de los ingresos del proyecto, hacer una evaluación financiera y determinar la rentabilidad del sistema de policultivos hidropónicos. En este proyecto, se calculará la utilidad neta proyectada para un periodo de 5 años.

2.2.2.7 Determinar el punto de equilibrio

Es el nivel de producción que deberá mantener una empresa para cubrir todos sus costos de operación, sin incurrir en pérdidas o utilidades (Gómez, 2001, pág. 115). Este análisis facilita la toma de decisiones con relación al manejo financiero teniendo en cuenta el manejo de los egresos producto de la operación (Córdoba, 2011, pág. 227)

2.2.3 Sistemas Hidropónicos

Hidroponía es la técnica de producción o cultivo sin suelo, en la cual se abastece de agua y nutrientes a través de una solución nutritiva completa y brindándole las condiciones necesarias para un mejor crecimiento y desarrollo de la planta (Oasis GROWER SOLUTIONS, 2019, pág. 7).

Tabla 2

Ventajas y Desventajas de la Hidroponía

Ventajas	
	Económicas
• Balance ideal de agua, oxígeno y nutrientes. • Control eficiente y fácil del pH y la salinidad. • Ausencia de malezas. • Ausencia de plagas y enfermedades en la raíz, al menos inicialmente. • Eficiencia y facilidad de esterilización.	• Mayor calidad en los productos cosechados. • Ahorro en agua y fertilizantes. • Mayor limpieza e higiene en los productos obtenidos. • Posibilidad de varias cosechas. • Altos rendimientos por unidad de superficie. • Sin la limitante del suelo, puede producirse en cualquier sitio incluyendo los ambientes urbanos.
Desventajas	

• Inversión inicial elevada. • Desconocimiento de la técnica.	• Delicada (cuidado y seguimiento del sistema)

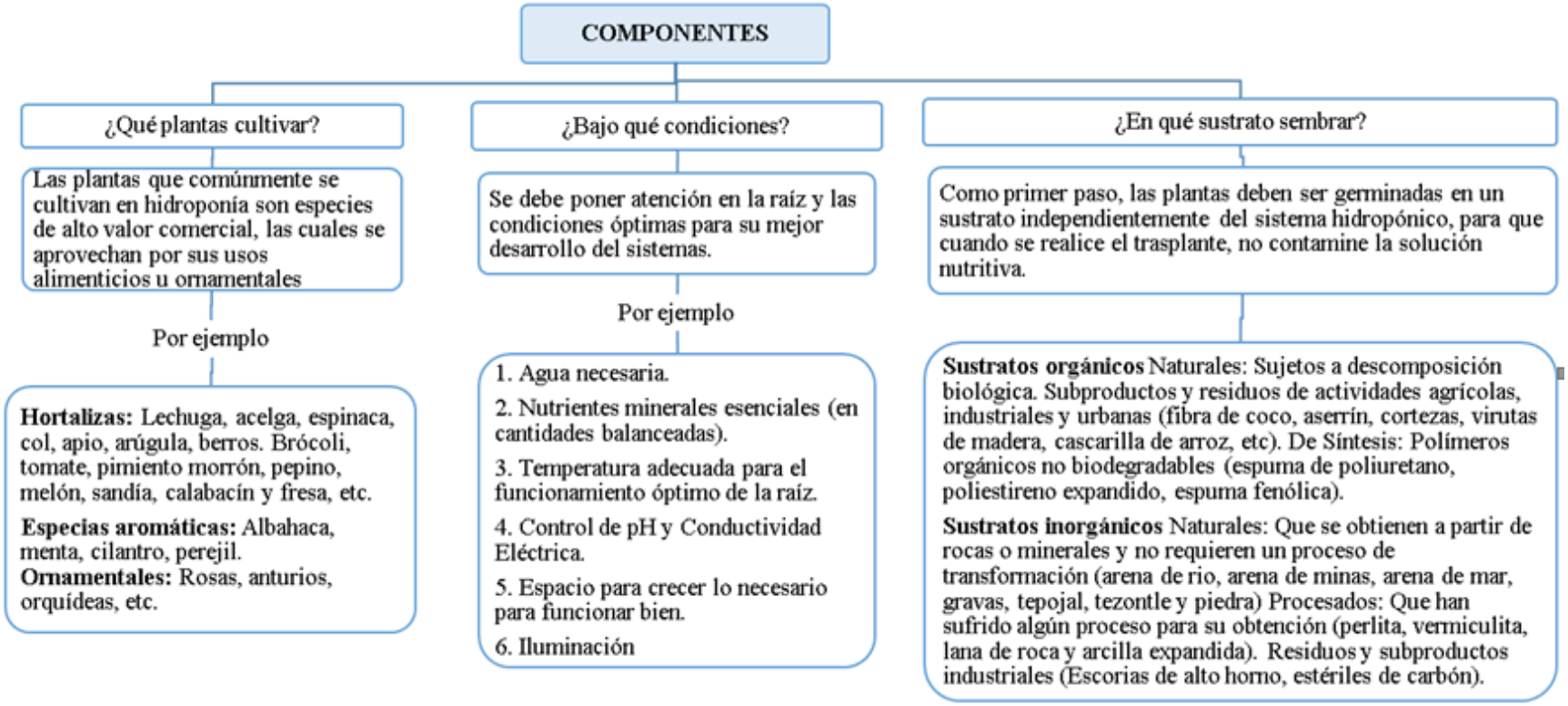
Fuente (Oasis GROWER SOLUTIONS, 2019, pág. 8)

2.2.3.1 Componentes de los sistemas hidropónico

En la siguiente figura se describen los elementos que se deben tener en cuenta al momento de iniciar un proyecto para la creación de un sistema hidropónico:

Figura 3

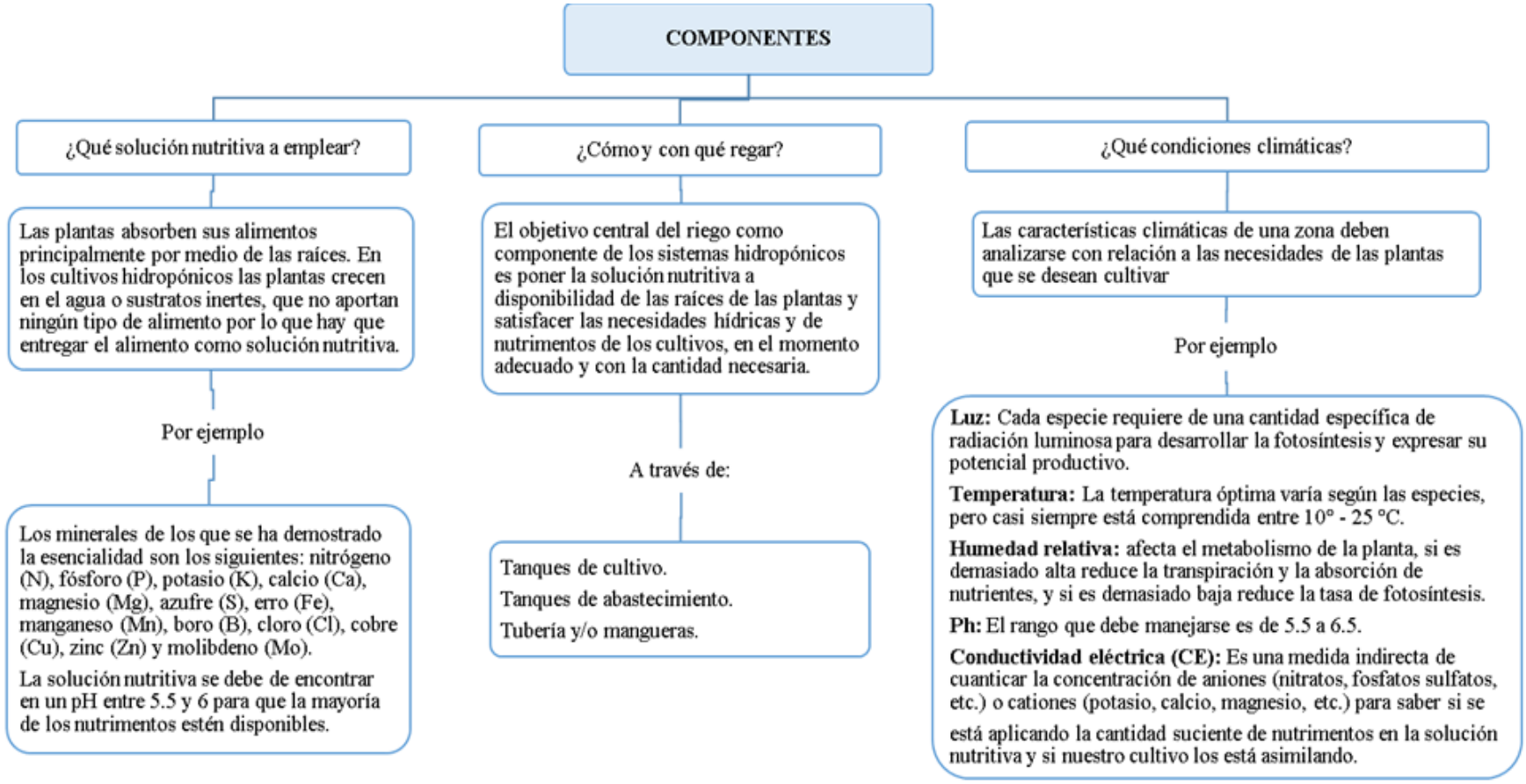
Componentes de los sistemas hidropónicos 1



Nota: Algunas de las preguntas que pueden surgir cuando se inicia un proyecto de hidroponía son: ¿Qué plantas cultivar?, ¿Qué condiciones se deben tener en cuenta? y ¿En qué momento y en qué sustratos de debe hacer la germinación? Fuente (Oasis GROWER SOLUTIONS, 2019, pág. 9)

Figura 4

Componentes de los sistemas hidropónicos 2



Nota: Algunas de las preguntas que pueden surgir cuando se inicia un proyecto de hidroponía son: ¿Qué plantas cultivar?, ¿Qué

condiciones se deben tener en cuenta? y ¿En qué momento y en qué sustratos de debe hacer la germinación? Fuente (Oasis GROWER SOLUTIONS, 2019, pág. 9)

Otros de los componentes indispensable a la hora de la estructuración de un sistema hidropónico y que es esencial llevar un control sobre estos para el correcto funcionamiento del sistema son el pH y el nivel de electro conductividad:

- Nivel de pH. Cuando el pH se incrementa por encima de 6.5 algunos nutrientes y micronutrientes precipitan en la solución, es decir, se forman cristales dejándolo no disponible para la adsorber de los nutrientes a través de la raíz, es necesario que estén disueltos (TIENDA ONLINE DE ARTÍCULOS PARA HIDROPONIA, 2022, párrafo quinto). En la siguiente tabla, se observa algunos de los niveles de pH adecuados para el correcto funcionamiento en un sistema hidropónico:

Tabla 3

Niveles de pH

Planta	Nivel de pH
Ajo	6.0 – 6.5
Brócoli	6.0 – 6.5
Cebolla	6.5 – 7.0
Fresa	5.5 – 6.5
Lechuga	6.0 – 6.5
Repollo	6.5 - 7.5

Nota: Cuando las plantas crecen en tierra es mucho más complicado, pero en hidroponía como los nutrientes están en un medio liquido es sencillo de medir. Existen técnicas como tiras de papel medidor de pH o el medidor digital del pH. Fuente (TIENDA ONLINE DE ARTÍCULOS PARA HIDROPONIA, 2022, párrafo quinto).

Si se deberá ajustar al valor recomendado para que la planta se desarrolle de una mejor manera, cuando esta ligeramente ácido, hay que agregar un producto básico o alcalina para aumentar el pH, el compuesto más común en hidroponía es el Hidróxido de potasio (KOH); o cuando esta ligeramente alcalino, se debe agregar un producto ácido que baje el valor de pH, el compuesto químico más común utilizado es el Ácido fosfórico (TIENDA ONLINE DE ARTÍCULOS PARA HIDROPONIA, 2022, párrafo trece).

- Niveles de electro-conductividad. La efectividad de este parámetro se basa en el concepto de la proporcionalidad de la conductividad eléctrica de una solución con relación a la concentración de sales disueltas. La unidad de medida de la C.E. es en milisiemes (mS/cm) (Inca, 2013, pág. 18). La siguiente tabla, muestra algunos ejemplos de los niveles de conductividad óptima para diferentes tipos de cultivo.

Tabla 4

Niveles de conductividad eléctrica por cultivo

Cultivo	Conductividad eléctrica dS/m
Lechuga	1.3
Espinaca	2.0
Tomate	2.5
Frutilla	1.0
Apio	1.8

Nota: Para la medición del nivel de C.E. de una solución nutritiva, se usa un aparato portátil llamado conductímetro, esta medición, al igual que el pH, es realizada diariamente para poder realizar correcciones si este parámetro se encontrase fuera de rango (Inca, 2013, pág. 18).

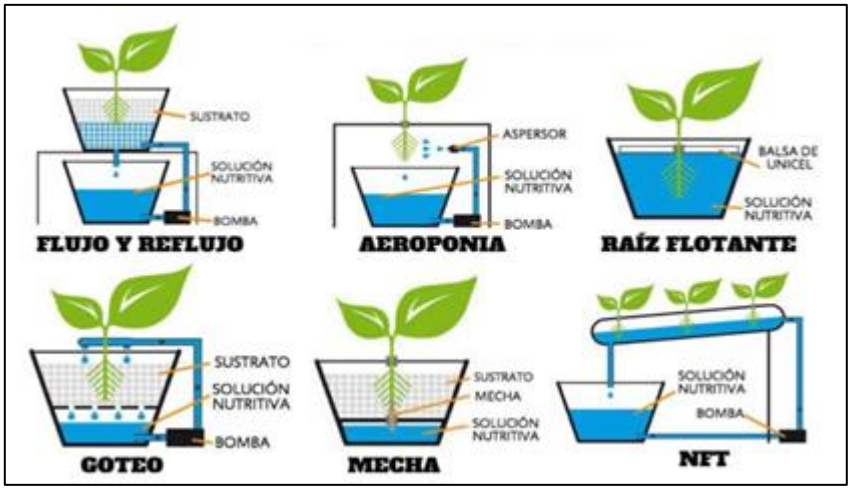
2.2.3.2 Tipos de cultivos hidropónicos

Existen los cultivos con suelo o semi hidropónicos y los cultivos sin suelo, cada uno varía según las características del producto y el fin comercial que se tenga. Los cultivos semi hidropónicos son aquellos que emplean la utilización de sustratos para el crecimiento de las plantas.

Por su parte, los cultivos hidropónicos son aquellos que reemplazan completamente la utilización del suelo, sin siquiera utilizar sustratos. En este tipo de sistemas el alimento es proporcionado directamente a través de la solución nutritiva según el requerimiento de la planta y la técnica depende no sólo del tamaño sino también de la resistencia de las raíces pues en las técnicas hidropónicas las plantas están expuestas a mayores niveles de humedad. Entre las principales técnicas se encuentran las siguientes:

Figura 5

Tipos de sistemas hidropónico



Fuente (GENERACIÓN verde, 2017, párrafo primero)

- Sistema Hidropónico de flujo y reflujo (Ebb & Flow). En un sistema de flujo y reflujo se inundan temporalmente las charolas de crecimiento con solución nutritiva y luego ésta es drenada de vuelta al depósito. El flujo se provoca mediante una bomba conectada a un timer que se activa varias veces al día. Cuando ésta deja de funcionar, la solución fluye de vuelta al depósito. Este sistema hidropónico tiene la gran ventaja de que puede implementarse con muchos tipos distintos de sustrato y que permite el crecimiento de varias especies vegetales (Gordo, 2017, pág. 26).
- Aeroponía. Es el proceso de cultivar plantas en un entorno de niebla sin hacer uso de suelo o sumergiendo la raíz total o parcialmente en una solución nutritiva, es una técnica avanzada y de tecnología más compleja (AGRICULTURES RED DE ESPECIALISTAS EN AGRICULTURA, 2015, párrafo primero).
- Sistema hidropónico de raíz flotante. En este sistema, las raíces flotan dentro una solución nutritiva, pero las plantas están sostenidas sobre una lámina ligera (la cual generalmente es de unicel), que se sostiene sobre la superficie del medio líquido (Gordo, 2017, pág. 25).
- Sistema hidropónico por goteo. Consiste en la aplicación artificial de agua o solución nutritiva al terreno de forma permanente en pequeñas cantidades con el fin de suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para su desarrollo. Permite aprovechar los nutrientes de manera más eficiente, es más fácil controlar el pH y la concentración de los nutrientes (Marín & Garibello, 2021, pág. 24).
- Sistema hidropónico de mecha o pabilo. Esta técnica es una de las más simples, ya que no requiere de bombas para transportar la solución nutritiva desde el depósito

hasta las charolas o bandejas de crecimiento. En vez de eso, las plantas reciben la solución nutritiva mediante mechas o pabilos. El sistema de mecha es muy versátil y puede usar distintos tipos de sustrato, pero sólo puede usarse para plantas que requieren poca agua (GENERACIÓN verde, 2017, párrafo cuarto).

- Sistema NTF (Nutrient Film Technique) o técnica de película nutritiva. Consiste en crear una película recirculante de solución nutritiva mediante el flujo constante de la solución nutritiva, generalmente no requiere de sustrato. La solución nutritiva es bombeada desde un depósito hacia bandejas de crecimiento o tubos de PVC con plantas, donde entra en contacto con sus raíces antes de regresar al depósito. Es una de las técnicas más utilizadas entre los cultivadores debido a su equilibrio entre la oxigenación del agua y el consumo energético. Consiste en un sistema de camas, cada cama compuesta por varios tubos instalados con una inclinación de por lo menos 1%. La solución nutritiva es bombeada con un temporizador en intervalos regulares y recirculada nuevamente en el reservorio original. Como los tubos son pequeños, el nivel de enraizamiento puede convertirse en un obstáculo para el flujo del agua, determinando la distancia entre las plantas y el tipo de planta permitido (Castrillon & Duque, 2019, pág. 16).

2.2.3.3 Ahorro de agua, ahorro de energía y aportes al medio ambiente

A continuación, se realiza una comparación del consumo de agua y energía durante el ciclo de producción de cada uno de los productos en un cultivo de tierra y un sistema hidropónico:

- Ahorro de agua

- Lechuga. Para el caso del sistema de policultivo hidropónico en casa, todo este sistema consumo 168L en un mes, teniendo en cuenta que la plantación de lechugas corresponde al 76% (de los productos plantados), podría decirse que las 32 lechugas consumen aproximadamente 127,68L en un mes y 191,52L en 45 días que corresponde al tiempo de producción de estas; siendo así, una lechuga necesita 5,98L para su ciclo de producción (45 días). A continuación, se realizará una comparación que refleje el ahorro de agua entre un cultivo en tierra y uno en un sistema hidropónico:

Tabla 5

Consumo de agua de la lechuga

	Cultivo en tierra	Sistema hidropónico
Tiempo de producción	80 días	45 días
Consumo de agua:	190 L por lechuga	191,52L consumen las 32 lechugas 1 (una) lechuga consume 5,98 L

Fuente: Elaboración propia

El uso de la hidroponía se vuelve aún más relevante para la producción de hortalizas, por potencialmente, ahorrar cerca de 50 a 70% de agua disponible a las plantas, ya que las tasas de evaporación, escurrimiento superficial y percolación son significativamente reducidas (eCA eCOMERCIO AGRARIO, 2019, párrafo septimo). Se trata de un sistema muy ecológico, ya que se consigue el 95% de ahorro de agua por lechuga. En comparación con el sistema de policultivo hidropónico en casa, en un cultivo normal se consumen 190L por ciclo de producción y en el sistema se requieren 5,98 L, corresponde al 3,15% de los, con un ahorro de agua del 96,85%.

- Ajo. El requerimiento de Riego de un cultivo de ajo es de 800 mm durante el ciclo, equivale a 38.000 L. de agua/Ha/día (considerando que una hectárea de ajos equivale a 134 ajos aproximadamente) (Burba, 2019, pág. 3). El ciclo de producción de un ajo oscila entre 3 a 5 meses, para un periodo de 5 meses, se necesitarían 5.700.000L de agua/Ha o 42.857,14L de agua por ajo. En la siguiente tabla se observa la diferencia en cuanto consumo de agua entre un cultivo en tierra y uno en un sistema hidropónico:

Tabla 6

Consumo de agua del ajo

	Cultivo en tierra	Sistema hidropónico
Tiempo de producción	5 meses - 150 días	3 meses - 90 días
Consumo de agua:	42.857,14L por ajo	25,2L por 5 ajos 5,04L por un (1) ajo

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta, que los ajos corresponden al 5% (de los productos plantados en el sistema), se considera que un ajo requiere aproximadamente 5,04L en su ciclo de producción, que equivale al 0,01% en comparación a los 42.857L necesarios en un cultivo en tierra, con un ahorro de agua de más de 90%.

- Espinaca. Las hojas de espinaca que se dirigen al mercado procesado se cosechan a los 60-80 días de la siembra. La frecuencia de riego es una o dos veces por semana al inicio de la siembra, todos los días cuando están desarrollándose las hojas, dos o tres veces por semana hacia el final del proceso (Sembrar100, 2022), lo que equivale alrededor de 18L de agua por ciclo de producción.

Tabla 7

Consumo de agua de la espinaca

	Cultivo en tierra	Sistema hidropónico
Tiempo de producción	2,6 meses - 80 días	2 meses - 60 días
Consumo de agua:	18L por espinaca	10,08L por 3 espinacas 3,36L por una (1) espinaca

Fuente: Elaboración propia

En un cultivo de espinacas en tierra, requiere 18L de agua por cada espinaca, mientras que el sistema hidropónico en casa necesita 3,36L de agua en el ciclo de producción. De acuerdo con lo anterior, en un sistema hidropónico hay un ahorro de agua de aproximadamente el 93%.

- Fresa. Los cultivos cuentan con un área de 4 fanegadas, es decir, 25.600 m2, donde en una sola, se siembran aproximadamente 35.000 plantas (fresas). El volumen de agua por semana utilizado para el riego del cultivo de las 4 fanegadas, que corresponde a dos riesgos por semana, es de 1´200.00 L (Linares & Melo, 2015, pág. 63).Teniendo en cuenta lo anterior, para el tiempo de producción de las fresas se requieren 881,63L de agua por cada fresa en un cultivo de tierra.

  Teniendo en cuenta, que las fresas corresponden al 16% (de los productos plantados en el sistema), podría decirse que las 10 fresas consumen aproximadamente 26,88L en un mes (30 días) y 161,28L en 180 días que corresponde al tiempo de producción. A continuación, se observa una comparación que refleje el ahorro de agua entre un cultivo en tierra y uno en un sistema hidropónico:

Tabla 8

Consumo de agua de la fresa

	Cultivo en tierra	Sistema hidropónico
Tiempo de producción	6 meses – 180 días	6 meses – 180 días
Consumo de agua:	30´857.142,9L consumen las 35.000 881,63L por fresa	161,28L consumen las 10 fresas 1 (una) fresa consume 16,12L

Fuente: Elaboración propia

En un cultivo en tierra se consumen 881,63L por fresa, en comparación con el sistema de policultivo hidropónico en casa que requiere 16,12L aproximadamente para el ciclo de producción, que corresponde al 1,82% con un ahorro de agua del 98%.

- Ahorro de energía

En un invernadero, los consumos energéticos de los sistemas son: calefacción, agua para enfriamiento evaporativo, energía eléctrica consumida por los ventiladores de calefacción, sistemas de riego, sistemas de enfriamiento y ventilación, lo que genera un consumo de energía eléctrica al día de más de 5 horas.

Para el caso de este sistema, se mantienen encendido el motor por 1,75h durante todo el día, siendo esta la única energía que consume para su funcionamiento; en la siguiente tabla se determinará el consumo promedio por cada planta en el sistema de policultivos hidropónico en casa:

Tabla 9

Consumo de energía sistema hidropónico

Lechuga	Ajo	Espinaca	Fresa
1,33h X 32 lechugas 0,04h X lechuga	0,0875h X 5 ajos 0,0175h X ajo	0,0525h X 3 espinacas 0,0175 X espinaca	0,28h X 10 fresas 0,028h X fresa

Fuente: Elaboración propia

La implementación de este sistema genera un ahorro de energía de más del 80% en comparación con un cultivo de siembra, especialmente porque este no requiere de un sistema de riego, de calefacción, entre otros, solo el consumo de energía producto de las 1,75 horas que este se encuentra encendido.

- Aportes al medio ambiente

Según Benihort, el cultivo hidropónico nos permite una producción uniforme y obtener plantas de mayor calidad en menor tiempo, ya que otro de sus fuertes es que la temporada se alarga todo el año. Con la hidroponía podemos realizar un mayor número de ciclos, un mínimo de seis cultivos anuales, por lo que conseguimos producciones en dos meses, cuando en la agricultura tradicional, para obtener una lechuga, debemos esperar alrededor de tres (benihort, 2020, párrafo octavo). Actualmente los agricultores que cultivan lechugas en sistemas tradicionales se pueden demorar entre 50 a 70 días en la producción. Por tanto, los sistemas hidropónicos son más productivos, ya que van entre los 25 a 30 días. dice el Ingeniero agrónomo, académico de la Universidad Arturo Prat (UNAP) y director del proyecto José Delatorre.

La hidroponía se revela como una solución para luchar contra el cambio climático, la degradación del medio ambiente, la extinción de especies producidas por la sobreexplotación, los cultivos intensivos (IBERDROLA, 2022, párrafo cuarto) y como se observa anteriormente, permite un uso más racional del agua y energía.

Si bien es preciso mencionar, que hay mayor productividad o rendimiento, pues se producen mayores cantidades de plantas en un menor tiempo, se puede producir en cuales

época del año y hay un menor impacto negativo al medio ambiente a causa de que no se presenta afectación en el agua, ni generación de residuos no aprovechables.

2.2.4 Policultivos

Los policultivos son un sistema agrícola basado en el cultivo simultaneo de diversas especies vegetales. Aunque requiere a menudo más trabajo, tiene varias ventajas sobre el monocultivo: aumentan el intercambio de nutrientes de forma más balanceada, reduce los ataques de plagas, mejor y mayor variedad en el consumo de los alimentos, las asociaciones de cultivos crean y mejoran las adaptaciones de cultivos y hacen los sistemas productivos sustentables (Franco, 2010, pág. 17).

La asociación de cultivos es una técnica muy utilizada en el momento de implementar un huerto o sistema hidropónico; generando efectos positivos y mayor aprovechamiento entre los cultivos.

La asociación de cultivos en hidroponía resulta diferente que, en sistemas agrícolas tradicionales, porque no es necesario asociarlos por necesidad de riego o plagas; así mismo, cabe aclarar que los cultivos aptos para hidroponía son todos aquellos que no pertenezcan a la familia de los tubérculos. Algunos ejemplos: Albahaca, compatibilidad con pimientos y tomates; lechuga, compatibilidad con ajo, espinaca, fresa, pimientos, puerro y tomate; frutillas, compatibilidad con ajo, espinaca, lechuga, puerro, tomillo; pimientos, compatibilidad con acelga, ajo, albahaca, espinaca, lechuga, tomate Cherry, compatibilidad con acelga, albahaca, espinaca, lechuga y perejil.

Por lo anterior, en este proyecto se trabajarán los siguientes policultivos:

- Policultivo Fresa-Ajo. El ajo tiene muchos beneficios y propiedades que podemos aprovechar, actúa como un repelente de plagas que normalmente les atacan (como el nemátodos, el pulgón o los ácaros), así mismo previene el ataque de hongos. Estos se deben sembrar alrededor de los árboles frutales (EcoInventos, 2022, párrafo quinto).

- Policultivo Fresa-Hortalizas (Espinaca, Lechuga, Acelga). Las hortalizas desempeñan un papel importante en el control de las plantas. Esta capacidad de producir substancias que actúan sobre otras plantas o sobre otro medio se conoce como alelopatía vegetal. Así mismo, se diversifica la producción e independiza el proceso del uso de agroquímicos (Araujo, 2014, pág. 45).

2.3 MARCO CONCEPTUAL

- Hidroponía. La palabra hidroponía deriva del griego HIDRO (agua) y PONOS (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua, es una herramienta que permite el cultivo de plantas sin suelo, es decir sin tierra (BELTRANO & GIMENEZ, 2015, pág. 9). Permite diseñar estructuras simples y/o complejas favoreciendo las condiciones ambientales idóneas para producir cualquier planta de tipo herbáceo aprovechando en su totalidad cualquier área (azoteas jardines, suelos infértiles, terrenos escabrosos, etc.) sin importar las dimensiones como el estado físico de estas (Endinova, 2020, párrafo primero).

Sin lugar a duda el elemento más importante en los cultivos sin suelo es el agua, la cual está enriquecida con nutrientes (principalmente el sodio, zinc, hierro, cobre. potasio, nitrógeno, calcio, manganeso y silicio) que la planta necesita para su desarrollo, los cuales son entregados en el riego (Oasis GROWER SOLUTIONS, 2019, pág. 15).

- Semillas transgénicas. Es aquella a la que, de forma artificial, se la ha insertado un gen o genes de otras especies para obtener propiedades distintas a las originales: cultivos que producen su propio insecticida, plantas resistentes a herbicidas, frutos con larga vida de anaquel y capullos donde crece algodón de colores son algunos de los ejemplos más populares de características obtenidas mediante la tecnología de organismos genéticamente modificados (OGM) (Tu INTERFAZ de negocios, 2014, párrafo primero).

- Policultivos. Es un sistema de múltiples cultivos en la misma tierra e integrados por la rotación de cultivos, asociación de cultivos, múltiples y cultivos en callejones. El objetivo del policultivo es lograr un mayor rendimiento en los cultivos y conservación de los recursos naturales como el suelo (Araujo, 2014, págs. 114-115).

- Seguridad alimentaria. Según (Consejo Nacional de Política Económica Social, 2008) la Seguridad alimentaria y nutricional es la disponibilidad suficiente y estable de alimentos, el acceso y el consumo oportuno y permanente de los mismos en cantidad, calidad e inocuidad por parte de todas las personas, bajo condiciones que permitan su adecuada utilización biológica, para llevar una vida saludable y activa. Implica el que todas las personas una alimentación suficiente, oportuna y adecuada (CONPES, 2018), dando cumplimiento de las siguientes condiciones: disponibilidad de alimentos, oferta estable sin fluctuaciones ni escasez y acceso a alimentos o la capacidad de adquirirlos.

- Desarrollo Sostenible. Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio

ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.

- Eco-sostenibles. Este concepto hace referencia a satisfacer las necesidades actuales sin comprometer el bienestar de las generaciones futuras. Este conlleva respetar el medio ambiente y preservar la biodiversidad, tomando el compromiso de contribuir de una manera positiva en la sociedad y en la economía, haciendo viables las políticas de sostenibilidad social y ambiental (UNIBA (Centro Universitario Internacional de Barcelona), 2018, párrafo primero).

- Permacultura. Puede entenderse como la creación y desarrollo de ecosistemas humanos sostenibles, basados en un uso eficiente de los recursos de ecosistemas agrícolas, integrando paisajes, energía y todo tipo de necesidades, materiales y no materiales; se trata de garantizar un desarrollo humano cultural, productivo y consecuente, promoviendo la vida en diferentes formas (Agroptima, 2016, párrafo primero).

- Alelopatía. conocida entre los Incas como plantas compañeras, estudia ahora los efectos que producen los compuestos químicos liberados por algunas plantas sobre el desarrollo y crecimiento de otras especies, y la forma como pueden producir rechazos a plagas y enfermedades. También es una excelente alternativa para evitar el uso de productos químicos (insecticidas, fungicidas) cuyos efectos colaterales aún no termina por descubrir el hombre (EL TIEMPO, 2020, párrafo decimo).

2.4 MARCO LEGAL

La siguiente tabla relaciona la normatividad aplicable en el desarrollo de esta monografía:

Tabla 10

Normatividad Aplicable Sistemas Hidropónicos

Legislación	Título legislación	Aplicación
Constitución política de 1991 Emitida por: Asamblea Nacional Constituyente, 1991		Aplica para este trabajo los siguientes artículos: Art. 65. La producción de alimentos gozará de la especial protección del Estado. Para tal efecto, se otorgará prioridad al desarrollo integral de las actividades agrícolas, pecuarias, pesqueras, forestales y agroindustriales, así como también a la construcción de obras de infraestructura física y adecuación de tierras. Art. 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. Garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Estado debe proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines. (Senado, 2021) *Muestra a los sistemas hidropónicos como una alternativa de producción amigable con el medio ambiente, una solución a la creciente disminución de las zonas agrícolas, producto de la contaminación, la desertización, el cambio climático y el crecimiento desproporcionado de las ciudades.*
Ley 09 de 1979 Emitida por: Congreso de Colombia, 1978	Por la cual se dictan Medidas Sanitarias	Aplica para este trabajo los siguientes artículos: Art. 3. Para el control sanitario de los usos del agua se tendrán en cuenta: Preservación de la flora y fauna, Agrícola y pecuario. Art 73. En toda planta de tratamiento de aguas se cumplirán las normas de higiene y seguridad sobre operación y mantenimiento. Art 410 al 412. De las frutas y hortalizas. (Colombia, 2021) *En los sistemas hidropónicos se requiere calcular la calidad del agua, de tal modo que se garantice de forma segura el consumo de alimentos.*

Legislación	Título legislación	Aplicación
Ley 99 de 1993 Emitida por: Ministerio del Medio Ambiente	Ley general ambiental	Aplica para este trabajo el siguiente artículo, porque: Art 3. Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades. (Interior, 2017) *Los cultivos hidropónicos son una especie de siembre experimental donde se requiere de un menor uso de terreno, agua y energía. Adicionalmente, la implementación de un sistema solar mediante energía renovable genera un impacto positivo en el ambiente, disminuyendo el deterioro de este.*
Ley 373 de 1997 Emitida por: Congreso de Colombia, 1997	Por la cual se establece el Programa del uso eficiente y ahorro del agua	Aplica para este trabajo el siguiente artículo: Art. 5. como uno de los fines de la educación, la adquisición de una conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del ambiente, de la calidad de vida, del uso racional de los recursos naturales, de la prevención de desastres, dentro de una cultura ecológica y del riesgo y la defensa del patrimonio cultural de la Nación. (Senado S. d., 2021) *Los sistemas hidropónicos permiten una reducción en el consumo de agua potable y posibilita el uso eficiente del esta.*
Ley 697 de 2001 Emitida por: Congreso de Colombia	Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.	Aplica para este trabajo los siguientes artículos: Art 1. Declárase el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales. Art 9. Promoción del uso de fuentes no convencionales de energía (Congreso de Colombia, funciónpública, 2001). *La implementación de Energías no convencionales en un sistema hidropónico como actividad de producción, fomenta el uso racional y eficiente de la energía.*

Legislación	Título legislación	Aplicación
Ley 1715 de 2014 Emitida por: Congreso de Colombia, 2014	Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético Nacional.	Aplica para este trabajo el siguiente artículo, porque: Art 1. La presente ley tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético (Congreso de Colombia, upme, 2014). *La implementación de energías no convencionales-panel solar- en los sistemas hidropónicos debe tener en cuenta el marco legal y los instrumentos para el aprovechamiento de las FNCE principalmente las de carácter renovable como la Solar y la Eólica.*
Decreto Ley 2811 de 1974 Emitida por: Ministerio del Medio Ambiente	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	Aplica para este trabajo los siguientes artículos, porque: Art 1 al 6. La preservación y manejo de los recursos naturales renovables. Lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables. (UNGRD, s.f.) *Los sistemas hidropónicos son una estrategia agrícola viable para el aprovechamiento de los recursos naturales renovables de forma racional y óptima.*
Decreto 1076 de 2015 Emitido por: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible	Aplica para este trabajo los siguientes artículos, porque: Art. 2.2.3.3.9.5. Criterios de calidad para uso agrícola. Art 2.2.3.3.9.10. Criterios de calidad para preservación de flora y fauna. (Sostenible, 2021) *Se definen los parámetros mínimos de la calidad del agua para uso agrícola a tener en cuenta en cualquier actividad agrícola.*
Decreto 1575 de 2007 Emitido por: Ministerio de Protección Social, 2007	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.	Aplica para este trabajo los siguientes artículos, porque: Art. 12. Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano – IRCA: Es el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano *Es responsabilidad de las personas que realizan estructuras de sistemas hidropónicos controlar los valores admisibles para el uso y consumo del agua, asegurando su calidad ya que se producirán alimentos para el consumo humano.*

Legislación	Título legislación	Aplicación
Resolución 2115 del 2007 Emitido por: (MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL & MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERR, 2007)	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano	Aplica para este trabajo los siguientes artículos, porque: Art. 2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS. El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan en la resolución. *Los sistemas hidropónicos al considerarse una alternativa de producción de alimentos para el consumo humano, debe cumplir con los rangos permisibles estipulados en la resolución (características físicas, químicas y microbiológicas), dando cumplimiento al índice de Calidad del Agua.*
Resolución 003929 de 2013 Emitido por: Ministerio de Salud y Protección Social	Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir las frutas y las bebidas con adición de jugo (zumo) o pulpa de fruta o concentrados de fruta, clarificados o no, o la mezcla de éstos que se procesen, empaquen, transporten, importen y comercialicen en el territorio nacional	Aplica para este trabajo los siguientes artículos, porque: Art. 6.1.2. Requisitos fisicoquímicos: Las características fisicoquímicas de jugos o zumos son las siguientes: Fresa 6,5°Brix. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013). *Se deben cumplir los requisitos sanitarios mínimos aplicables en frutas, para el caso las fresas, con el fin de proteger la salud humana.*
Resolución 187 del 2006 Emitida por: Ministerio de agricultura y desarrollo rural	Por la cual se adopta el Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empacado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación, comercialización, y se establece el Sistema de Control de Productos Agropecuarios Ecológicos	Aplica para este trabajo los siguientes artículos, porque: Art 7. Disminución de riesgos de contaminación por prácticas agropecuarias. (Sostenible M. d., 2006) *Los sistemas hidropónicos es un método natural, donde se implementan sustancias orgánicas provenientes de vegetales y no implementa sustancia toxicas que aumentarían el riesgo de contaminación.*
NTC 5400 Emitida por: ICONTEC	Buenas Prácticas Agrícolas	Aplica para este trabajo porque: Describen las Normas para los cultivos agrícolas. Consideran los principios y prácticas más apropiadas en la producción de productos frescos y durante su proceso de adecuación o conservación. (Mojica, 2015) *La hidroponía es una práctica ecológica segura y económica, encaminada a la protección del medio ambiental y al desarrollo sostenible. Es necesario reconocer todas las normas y exigencias de calidad requeridas en este tipo de cultivos. A su vez, se debe tener en cuenta el manejo de plagas.*

Legislación	Título legislación	Aplicación
NTC 4103 Emitida por: ICONTEC	Frutas frescas. Fresa variedad Chandler. Especificaciones	Aplica para este trabajo porque: Esta norma establece los requisitos mínimos que debe cumplir la fresa variedad Chandler, destinada para el consumo humano. (ICONTEC, s.f.) *Se requiere determinar lo requisitos generales definidos en cuanto a clasificación, tamaño, madurez, acidez, índices de tolerancia; de las fresas producidas en el cultivo hidropónico.*

Fuente: Adaptado por los autores

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto se despliega una investigación de tipo descriptiva – aplicada, ya que busca dar solución a una problemática de carácter económico y ambiental a partir de la aplicación de conceptos, conocimientos y procesos que ya han sido investigados y utilizados en diferentes contextos. Se emplea el método cualitativo para indagar, recopilar y depurar la información que permita comprender el contexto natural y cotidiano en relación con los sistemas de policultivo hidropónico.

Las fuentes principales de información serán de tipo secundario incluyendo documentos, artículos, publicaciones, páginas web y todos aquellos documentos que puedan ser consultados de manera impresa y/o digital. Se procede con una investigación aplicada desarrollando e implementando un sistema de policultivo hidropónico en un hogar del barrio Usme Centro de la ciudad de Bogotá, finalmente se implementa el método cuantitativo para dar seguimiento y estudio al sistema. Los objetivos específicos guiarán el desarrollo del trabajo, el cual consta de cinco fases metodológicas que se enuncian a continuación:

3.1 FASE 1. ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DEL ENTORNO

Se pretende dimensionar y establecer un panorama actual, así como describir los diferentes aspectos relacionados con el entorno externo y que son relevantes para el planteamiento y el desarrollo del sistema de policultivo hidropónico descrito en este documento, para tener una visión amplia del contexto actual y la postura que tiene la ciudad de Bogotá D.C. y general en Colombia, frente a los sistemas de cultivos hidropónicos. Se abordar los entornos económico, tecnológico, socio cultural y ambiental.

Inicialmente con un análisis del entorno tecnológico, se conocen los últimos avances en el campo de estudio y se determina cuál es el desarrollo en temas de hidroponía, así como se verifica el nivel tecnológico implementado por los usuarios, con esto se establece unas bases para el diseño y estructuración de nuestro propio sistema. Del mismo modo, a partir del entorno económico identificamos que es factible la implementación de este tipo de sistemas en las zonas urbanas de Bogotá y se conoce realmente que estos sistemas contribuyen a la seguridad alimentaria, al crecimiento económico y a la preservación del medio ambiente.

A fin de identificar el conocimiento y el nivel de aceptación por parte de la población urbana de estos sistemas de cultivo, a partir del entorno sociocultural, donde se indaga mediante entrevistas y charlas con amigos, profesores y profesionales de la materia, adicionalmente se usa la aplicación Google Trends para identificar el interés que muestran los usuarios a lo largo del tiempo en temas relacionados con la hidroponía.

Finalmente, se realiza un análisis del entorno ambiental que nos permite conocer la zona en la cual se montamos el sistema, la localización, el clima e hidrología de la localidad

lo que determina lo beneficios potenciales que este tipo de producto genera en las zonas urbanas de Bogotá D.C., a los ciudadanos y al medio ambiente.

Así mismo, se elabora el análisis de impacto ambiental mediante la matriz Vicente Conesa Fernández, asignando la importancia a cada impacto producto de la realización del presente proyecto.

- Producto. Análisis del entorno, *"contextualización general y guía base para las siguientes fases"* y matriz Vicente Conesa Fernández.

3.2 FASE 2. DESARROLLO DEL ESTUDIO TÉCNICO

Se inicia determinando la localización del proyecto, para ello se define la macrolocalización y la microlocalización, conociendo el lugar en donde se ejecuta el proyecto, se procede a describir los principales aspectos geográficos y socioeconómicos, y se determina la población que se beneficiará con el producto que se espera crear. Se concibe esta población beneficiada como la demanda potencial de nuestro proyecto, y a partir de esta demanda entender el panorama general y los últimos avances en el método de cultivo hidropónico. Se define un tamaño y una capacidad, y se procede a diseñar el sistema de policultivo hidropónico de acuerdo con las anteriores determinaciones.

Se continua con el diseño conceptual, aplicando la herramienta brainstorming como método para generar diferentes ideas que nos conduzcan a elaborar un producto altamente innovador. En este punto es necesario identificar los principales requisitos y características que debe poseer nuestro sistema hidropónico, como materiales, dimensiones, color, fuente de energía, etc.

Una vez definido el diseño conceptual, se inicia con la fase de diseño detallado, utilizando la herramienta de software SolidWorks para generar el diseño digital de nuestro producto, en esta fase se espera generar un prototipo en digital de nuestro producto, así como los planos de despiece y montaje.

Definido el producto, y sus dimensiones se especifican los materiales e identifican las máquinas, herramientas y los recursos humanos necesarios para su elaboración, también se describen los equipos tecnológicos requeridos durante la operación del sistema y que garanticen el correcto funcionamiento del sistema de policultivo hidropónico. Finalmente, se elabora el prototipo en físico en 3D, se harán algunas pruebas y se inicia con el proceso de cultivo, este policultivo hidropónico será monitoreado semanalmente.

- Producto. Elaboración de un sistema de policultivo hidropónico para el cultivo de fresa, lechuga, acelgas y ajos adaptable a zonas urbanas de Bogotá D.C.

3.3 FASE 3. ELABORACIÓN DEL ESTUDIO FINANCIERO

Se determina el monto de inversión requerido para el diseño y fabricación del sistema de policultivo hidropónico de acuerdo con las características establecidas en el estudio técnico, para ellos se define la inversión fija, la inversión diferida, el capital de trabajo y la inversión total. Conocidos estos costos y gastos se procede a realizar el presupuesto de ingresos y egresos, aplicar tasas de depreciación y amortización, analizar los costos y gastos y se presenta un estado de resultados

A fin de buscar alternativas de financiamiento y lograr acercar nuestro producto a zonas urbanas de Bogotá D.C. se identifican diferentes fuentes de financiación, bancos, institutos, universidades etc., así como programas, entidades u organizaciones que fomenten la

agricultura urbana y la hidroponía en la ciudad de Bogotá y en el país y que puedan ayudar a impulsar, promover y financiar este tipo de proyectos.

- Producto: Viabilidad económica del proyecto

3.4 FASE 4. ELABORACIÓN DEL MANUAL "POLICULTIVO EN SISTEMA HIDROPÓNICO"

Se desarrolla un manual a manera de una guía metodológica en donde se presenten las principales características, requerimientos, procesos y procedimientos que involucra el diseño, la implementación la fabricación, la operación, el uso y el mantenimiento de un sistema de policultivo hidropónico dentro del hogar, también en este manual se enseñaran actividades como la siembra, el cuidado, la cosecha y postcosecha, de lechuga, fresa, ajo y acelgas a fin de enseñar adecuadamente esta técnica a la población urbana de la ciudad de Bogotá D.C de una manera clara sencilla y eficiente.

- Producto. Manual metodológico *"Policultivo hidropónico en casa"* para la implementación de un sistema de policultivo hidropónico en zonas urbanas de la ciudad de Bogotá.

3.5 FASE 5. SOCIALIZACIÓN

Este tipo de sistemas resultan ser innovadores, benéficos y de fácil implementación en zonas urbanas de la ciudad de Bogotá D.C., por tanto, en colaboración con la alcaldía local de Usme, el Jardín Botánico José Celestino Mutis y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas se socializan los logros y resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto a un grupo poblacional de la ciudad de Bogotá D.C.

- Producto. Exposición y presentación del sistema de policultivo hidropónico desarrollado

4. ANÁLISIS DEL ENTORNO

4.1 ENTORNO ECONÓMICO

Colombia, al igual que la mayoría de los países de América Latina, ha fundamentado su crecimiento económico en su vocación y potencial agrícola (INGAGROF, 2018, párrafo primero). De acuerdo con la información del (The Conference Board. 2019), para el periodo 2000–2018 la productividad de la economía colombiana cayó en 1,2%, tendencia similar a la del resto de economías latinoamericanas (MINCIT, 2019, pág. 11).

Estos bajos niveles de productividad se reflejan a lo largo de todos los sectores productivos, especialmente en el sector agrícola. Este sector consume gran parte de los recursos naturales y ocupa grandes extensiones de tierra productiva del país; requiere el 43% del agua, contribuye con el 55% de los gases efecto invernadero (IDEAM, y otros, 2018), genera aproximadamente el 15,5% del empleo, pero solo participa con 7,0% del PIB en 2017 (DANE, 2019).

El DANE reveló, que el Producto Interno (PIB) para el segundo trimestre de 2021, logró aumentar un 17,6%, destacándose el crecimiento de todas las ramas de actividad y por supuesto del agro, que obtuvo una variación de 3,8% (Pastrán, 2021, párrafo diesisiete). El ministro de Agricultura y Desarrollo Rural, Rodolfo Zea Navarro, destacó el comportamiento del sector agropecuario, sobre todo de los cultivos transitorios y permanentes, como por ejemplo hortalizas, frutas, caña panelera y flores, entre otros (Pastrán, 2021, párrafo veinte).

Colombia es el tercer país latinoamericano con mayor área sembrada en cultivos frutales de los cuales se destacan el Mango y la Fresa; entre 2015 y 2020, el cultivo de Fresa en Colombia aumentó en un 59% (Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales, 2021, pág. 5); la producción de hortalizas representa 7,3 % del área cosechada y el 22,1 % de la producción obtenida dentro de los cultivos transitorios (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, 2015, pág. 15).

La Fresa se cultiva en 13 de los 32 departamentos del País, siendo Cundinamarca el principal departamento productor. Los principales departamentos Productores son Cundinamarca, Antioquia y Norte de Santander, los cuales representan el 73%, el 12% y el 6% de los cultivos respectivamente; seguidos de los departamentos de Boyacá y Cauca, que participan con el 4% y el 3% respectivamente (Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales, 2021, pág. 7); La producción de hortalizas se reporta en 29 departamentos, más de 600 municipios y un portafolio de 37 productos hortícolas (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, 2015, pág. 15).

Actualmente, la agricultura se encuentra en riesgo por múltiples conmociones desde alteraciones relacionadas con el COVID-19 hasta fenómenos meteorológicos extremos y plagas, que afectan los sistemas alimentarios y generan un aumento de los precios en los alimentos y del hambre. La aceleración del cambio climático podría disminuir aún más los rendimientos de los cultivos, especialmente en las regiones con mayor inseguridad alimentaria (BANCO MUNDIAL, 2022, pág. 2)

Como estrategia para esta problemática presentada y como una alternativa de sostenibilidad, se migra la agricultura al área urbana mediante: huertas, sistemas hidropónicos, sistemas acuapónicos, entre otros; que no solo ayudan a mitigar sino que a su

vez trae una serie de beneficios como la seguridad alimentaria; la generación de empleo; el reciclaje de residuos urbanos; la disponibilidad, la accesibilidad, el consumo y el aprovechamiento de alimentos que sean producidos por la propia comunidad.

Según la Encuesta Multipropósito realizada en el año 2017 por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), junto con la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá, estableció que la densidad poblacional en la capital es de 213 habitantes por hectárea; este crecimiento poblacional ha generado un aumento en la demanda de alimentos, la cual no puede ser adquirida de manera equitativa por la población, especialmente por aquellos habitantes que viven en condiciones de pobreza, según el Índice de Pobreza Multidimensional el 8,9% de los habitantes de Bogotá (Diaz & Luna, 2021, pág. 11).

Barrios como La Merced Sur y Buenos Aires, los cuales se ubican en la localidad Rafael Uribe Uribe, donde más del 70% de la población pertenece a estratos uno (1) y dos (2), los ingresos se generan de la economía informal y producen escasos ingresos diarios de supervivencia para las familias (Diaz & Luna, 2021, pág. 12); con relación a lo anterior, se debe considerar la agricultura urbana como un mecanismo de autoabastecimiento de alimentos.

4.2 ENTORNO TECNOLÓGICO

Dentro del campo de la agricultura urbana específicamente en temas como la horticultura, la hidroponía y la agricultura vertical se evidencian diferentes avances a nivel de desarrollo tecnológico; numerosas empresas a nivel mundial han presentado alternativas para acercar la agricultura a los hogares y facilitar el acceso a alimentos sanos a las

personas, Cabe resaltar que en nuestro país esta es una práctica que actualmente se encuentra en auge, donde especialmente los jóvenes y algunas amas de casa encuentran interesante esta tendencia y buscan dados los avances y las problemáticas actuales tener acceso a una alimentación saludable y sostenible.

En Colombia, los cultivos hidropónicos son ampliamente conocidos más que todo en el departamento de Cundinamarca. Estos se introdujeron a nivel experimental desde los años cincuenta y desde esa época han venido desarrollándose y se han convertido en uno de los factores más importantes en el avance de la actividad agroindustrial a nivel nacional (Garzón, 2020, pág. 6).

La Hidroponía Popular involucra un gran acervo de conocimientos y desarrollos científicos que se han codificado en un lenguaje sencillo y de fácil comprensión por cualquier persona que desconozca la técnica y que le permite iniciar con éxito una plantación en cualquier espacio soleado de su vivienda o en sus alrededores, cultivando así las hortalizas, verduras, flores de corte, y algunos frutales (BELTRANO & GIMENEZ, 2015, pág. 28), que le garantizarán su seguridad alimentaria y la generación de ingresos económicos crecientes, cuando cultiva una plantación superior a 20 metros cuadrados.

El ingeniero agrónomo Hansel Benavides, magíster en Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia (UNAL) y experto en hidroponía afirma que: "*Estamos muy atrasados en implementar nuevas tendencias y técnicas de cultivo en la agricultura; es necesario abrir espacios para trabajar nuevas alternativas más sostenibles con el medioambiente y que permitan producir mayor cantidad de alimentos*" (Benavides, 2021, pág. 1); según el ingeniero Benavides la hidroponía es una forma de cultivo de especies vegetales en agua que se hace mediante una solución de nutrientes líquida, a través de la

cual las plantas obtienen sus requerimientos hídricos y nutricionales, usando sistemas de recirculación e irrigación y se debe destacar que los cultivos hidropónicos poseen grandes ventajas sobre aquellos en suelo.

En Colombia, aunque a partir del 2000 se empezó a implementar este tipo de cultivo su expansión ha sido relativamente lenta en comparación con otros países, debido en especial a la falta de conocimiento e investigación en el tema y por los altos costos de implementación inicial (UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2021, párrafo cuarto).

A nivel mundial los cultivos hidropónicos se han venido desarrollando, fortaleciendo y adecuándose al ritmo de vida de las personas, debido a que son sistemas versátiles, autónomos, con riego automatizado, que requieren cuidados mínimos y se pueden plantar en balcones, terrazas y solares han sido aceptados por gran parte de ciudadanos alrededor del mundo y su éxito hace que el sector tenga un alto potencial de crecimiento en los próximos años. Dentro de los principales sistemas y alternativas para el desarrollo de la hidroponía con un alto desarrollo tecnológico que se han creado a nivel mundial se encuentran el Aerogarden; que fue el primer jardín de interior introducido en el mercado y comenzó la revolución de "cultivar en casa", el sistema GrowUp Box; sistema de tecnología híbrida llamado acuaponía en el que los métodos de cultivo de plantas en agua se sintetizan con la práctica de criar animales acuáticos, el Hyundai Nano Garden; Ideado y diseñado por Hyundai Engineering, este jardín hidropónico es un método cada vez usado, que permite cultivar verduras de manera eficiente y saludable. Sistemas que destacan por su alto nivel tecnológico y su eficiencia en la producción de alimentos.

Por su parte a nivel nacional pese a que el mercado colombiano de cultivos hidropónicos ha crecido cerca de 200% en la última década (Urrego, 2021, párrafo primero); este sector se encuentra aún en crecimiento y en Cundinamarca se concentra la mayor cantidad de empresas que ofrecen una solución cuando de sistemas hidropónicos se trata, en ellas se puede resaltar la empresa mi mundo hidropónico y la empresa hidroponía industrial, ambas organizaciones destacadas en la implementación de soluciones para la producción de alimentos, por medio de técnicas de hidroponía a nivel comercial como urbano.

4.3 ENTORNO SOCIOCULTURAL

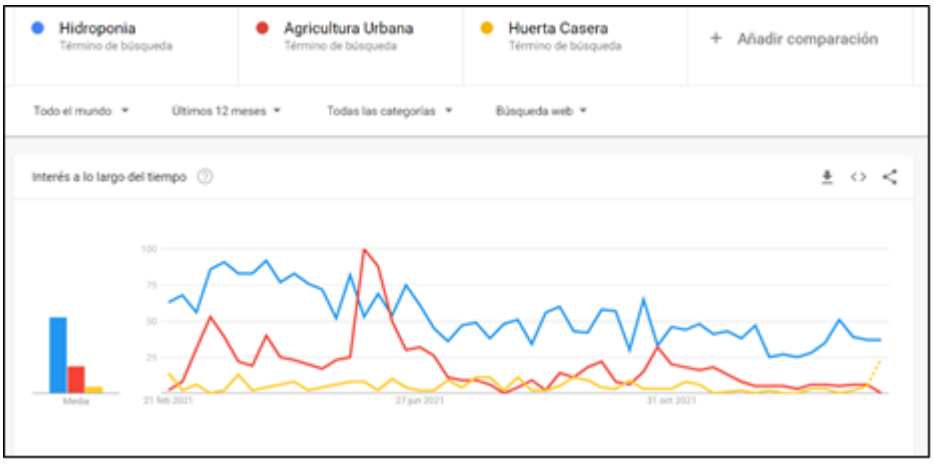
Actualmente las tendencias están apuntando a modelos de vida más saludables, la sociedad Bogotana venia acostumbrada a ver solamente a las personas mayores dedicadas al cuidado de las plantas y cultivos. Sin embargo, se ha generado un cambio en la mentalidad de la población, actualmente existen jóvenes, mujeres, colectivos, entre otros, preocupados por la alimentación natural saludable y la protección del medio ambiente, por lo cual el acondicionamiento de espacios en las casas, apartamentos, terrazas y calles para ubicar jardines verticales, paredes vivas y/o naturales junto con estructuras que permiten la siembra de semillas de fácil cultivo para la obtención casera de productos alimenticios es una práctica que va tomando fuerza en los últimos años.

La hidroponía permite atender necesidades alimenticias sin pensar en grandes emprendimientos, ya que podemos lograr cultivos hidropónicos en casa, en el jardín o en la azotea ya sean hortalizas, flores y hasta pequeños arbustos o frutillas, permitiendo obtener los productos para una alimentación saludable (BELTRANO & GIMENEZ, 2015, pág. 17).

Se utiliza la herramienta Google Trends para identificar el interés que tienen los usuarios por temas relacionados con la hidroponía, y los resultados son los siguientes:

Figura 6

Interés en la hidroponía



Nota: Interés mundial en temas relacionados con la hidroponía durante el año 2021. Fuente: (Google Trends, 2022).

En esta grafica se observa el interés a lo largo del 2021 para temas relacionados con la hidroponía, la línea azul representa el interés en hidroponía y se identifica que constantemente los usuarios están consultando en Google sobre este concepto

Figura 7

Interés de Colombia en la hidroponía



Nota: Interés de Colombia en temas relacionados con la hidroponía durante el año 2021. Fuente: (Google Trends, 2022).

En el caso de Colombia los usuarios constantemente realizan búsquedas de conceptos como hidroponía, agricultura urbana y huerta casera.

Figura 8

Interés por subregiones de Colombia en hidroponía



Nota: Interés por subregiones de Colombia en temas relacionados con la hidroponía durante el año 2021. Fuente: (Google Trends, 2022).

La anterior figura nos refleja el interés de cada departamento de Colombia en temas relacionados con la hidroponía, se evidencia que, a nivel nacional, Bogotá, Antioquia, Cundinamarca, Valle del Cauca y Huila son las regiones que han presentado un mayor interés en dichos temas.

Teniendo en cuenta los datos presentados y las problemáticas descritas podemos concluir que la ciudad de Bogotá y sus habitantes constantemente investigan, exploran y muestran interés en temas relacionados con la agricultura urbana la hidroponía y está en auge una cultura y un estilo de vida más saludable y sostenible.

Finalmente, y de acuerdo con los datos, las tendencias y las problemáticas mencionadas en este documento se puede afirmar que el nicho de mercado estará conformado por personas, familias, empresas, parques y cualquier gremio organizacional interesados en implementar y experimentar con cultivos caseros hidropónicos y jardinería vertical.

4.4 ENTORNO AMBIENTAL

La problemática ambiental junto con sus causas y consecuencias, resultan siendo un foco de interés en cualquier proyecto que tenga como fin un proceso de transformación de algún tipo de material y aún más si este es de origen natural. Como es de conocimiento general, son muchos los tipos de desechos que se generan a diario desde diferentes fuentes y uno de los más comunes es el plástico, “Del total de basura que diariamente se genera en Bogotá, el 56% corresponde a plásticos de distinto tipo. Es decir, casi el 60 % de la basura diaria de Bogotá es desecho plástico. No hay componente más mayoritario en nuestra

basura que el plástico" dijo Silvia Gómez, directora de Greenpeace Colombia (Universidad de los Andes, 2019, párrafo 4).

Adicionalmente, se ha identificado que los niveles de contaminación han crecido a diario en la ciudad, las problemáticas de salud son alarmantes, la economía no atraviesa un buen momento, además los métodos de agricultura tradicionales se ven afectados por las condiciones climáticas y las practicas perjudiciales como el uso de aguas contaminadas para el riego de estos, o el uso indiscriminado de productos químicos

Dada la situación descrita anteriormente y con la intención de preservar el medio ambiente, fortalecer la economía y mejorar la calidad de vida de los colombianos, el gobierno nacional ha formulado la estrategia nacional de economía circular a través de sus diversos ministerios y agencias públicas, contando con el apoyo de la unión europea, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y cuyo principal objetivo es fortalecer el modelo de desarrollo económico, ambiental y social del país, a partir de la lógica de "producir conservando y conservar produciendo" (enel X, 2021, párrafo septimo).

En línea con los fundamentos del desarrollo sostenible y tendencias internacionales, con la estrategia se promueve la eficiencia en el uso de materiales, agua y energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas y el uso circular de los flujos de materiales (MINCIT, 2019, pág. 8). Esta estrategia es uno de los vehículos centrales para cumplir con las metas del crecimiento verde de aumentar la tasa de reciclaje y nueva utilización de residuos sólidos a nivel nacional hasta el 17,9%, y de reducir los gases efecto invernadero en un 20% en el año 2030, en el marco del Acuerdo de París (MINCIT, 2019, pág. 8).

El impulso de la economía circular trae beneficios económicos, ambientales y sociales. Los beneficios económicos de la economía circular son generados a partir de la valorización de los recursos en repetidos ciclos, lo que redunda en la reducción de costos de producción. Los beneficios ambientales incluyen la reducción en la extracción de materias primas, disminuyendo la presión sobre los recursos naturales y los servicios ecosistémicos, la transición de un consumo energético basado en combustibles fósiles a uno con mayor participación de energías renovables; la reducción de residuos y emisiones de gases de efecto invernadero, conservación de fuentes de recursos y uso eficiente del agua (MINCIT, 2019, págs. 8-9).

La estrategia nacional de economía circular del Gobierno Nacional propende por un nuevo modelo de desarrollo económico que incluye la valorización continua de los recursos, el cierre de ciclos de materiales, agua y energía, la creación de nuevos modelos de negocio, la promoción de la simbiosis industrial y la consolidación de ciudades sostenibles, con el fin, entre otros, de optimizar la eficiencia en la producción y consumo de materiales, y reducir la huella hídrica y de carbono (MINCIT, 2019, pág. 11), en suma, Otra de las iniciativas de interés y que hace un aporte al factor ambiental son las huertas caseras, que traen como beneficios una mejora en la calidad del aire, reducen la contaminación y presentan una oportunidad para el uso de residuos orgánicos.

En resumen, sabiendo que el proyecto en cuestión está orientado a la ciudad de Bogotá, cuya principal característica es su alto de desarrollo urbano, contando con grandes edificaciones, propiedad horizontal y un espacio deteriorado y casi nulo para el desarrollo de la agricultura tradicional, la implementación de sistemas hidropónicos contribuye considerablemente con la preservación del medio ambiente y el desarrollo económico de la

ciudad y del país teniendo en cuenta las problemáticas, las políticas y estrategias mencionadas.

4.5 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Se identifican y valoran los impactos significativos asociados a las actividades propias del proyecto (**Anexo *A***
Diagrama de proceso), la afectación positiva o negativa sobre los componentes del medio ambiente, con el fin de determinar las consecuencias ambientales en etapas tempranas del desarrollo del sistema de policultivos hidropónico en casa.

Para la identificación de los aspectos e impactos ambientales, se utiliza la matriz simple, la cual permite establecer la importancia de cada una de las actividades del proyecto como generadoras de impactos benéficos o perjudiciales, la cual se observa en el ***Anexo B***
Matriz simple.

En esta matriz se establecen los factores ambientales, recurso afectado, componentes ambientales, los aspectos ambientales y los impactos ambientales. Para identificar las etapas del proceso se enumerar del 1 al 22: 1. Compra de insumos y materias primas; 2. Acopio de materiales reciclables; 3. Medición y corte de piezas; 4. Lijado y limpieza de piezas; 5. Pintado de piezas; 6. Unión y adhesión de piezas; 7. Ajuste del sistema; 8. Alistamiento del medio del cultivo o sustrato; 9. Plantación de las semillas; 10. Cosecha de plántulas; 11. Llenado del tanque; 12. Adición de macro y micronutrientes; 13. Ajuste de pH y electro conductividad; 14. Siembra de plántulas; 15. Operación del sistema; 16. Fumigación; 17. Cosecha de alimentos; 18. Limpieza y empaquetado de alimentos; 19.

Determinación de pH y electro conductividad; 20. Toma y registro de datos; 21. Poda de plantas; 22. Rellenado y ajuste de solución nutritiva.

Una vez establecida la matriz simple, a partir de esta información se jerarquizan los aspectos ambientales como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 11

Jerarquización aspectos ambientales

No.	Aspecto ambiental	Total
1	Generación de residuos sólidos no aprovechables	15
2	Generación de residuos sólidos aprovechables	12
3	Consumo de agua	10
4	Vertimientos	10
5	Generación de olores ofensivos	5
6	Generación de ruido	4
7	Consumo de energía eléctrica	3
8	Emisión de PM10	3
9	Aprovechamiento del espacio/ Embellecimiento y aumento de la sensación de bienestar /Mejoramiento de la percepción ambiental	3
10	Generación de residuos de posconsumo	2
11	Generación de RAEE´s	2
12	Generación de empleo	2
13	Oferta de alimentos saludables para la comunidad	2
14	Fomento de ideas innovadoras y prácticas sostenibles	2
15	Generación de RESPEL	1
16	Proliferación de vectores	1
17	Consumo de servicios públicos	1

Fuente: Elaboración propia. De acuerdo con los resultados obtenidos en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Y se concluye, que en el desarrollo del sistema de policultivos hidropónico en casa el aspecto ambiental que presenta mayor afectación es la generación de residuos sólidos no aprovechables, y el aspecto ambiental con menor afectación es el consumo de servicios públicos; aun así, la implementación de este proyecto tiene una baja puntuación, donde se

evidencia que este sistema no ocasiona daños o impactos negativos significativos al medio ambiente.

Posteriormente, se jerarquizan las etapas del proceso:

Tabla 12

Jerarquizan las etapas del proceso

No.	Actividades del proceso	Total
1	15. Operación del sistema	7
2	16. Fumigación	6
3	18. Limpieza y empaquetado de alimentos	6
4	3. Medición y corte de piezas	5
5	4. Lijado y limpieza de piezas	5
6	12. Adición de macro y micronutrientes	5
7	22. Rellenado y ajuste de solución nutritiva	5
8	5. Pintado de piezas	4
9	8. Alistamiento del medio del cultivo o sustrato	4
10	14. Siembra de plántulas	4
11	17. Cosecha de alimentos	4
12	6. Unión y adhesión de piezas	3
13	9. Plantación de las semillas	3
14	10. Cosecha de plántulas	3
15	13. Ajuste de pH y electro conductividad	3
16	20. Toma y registro de datos	3
17	1. Compra de insumos y materias primas	2
18	11. Llenado del tanque	2
19	2. Acopio de materiales reciclables	1
20	7. Ajuste del sistema	1
21	19. Determinación de pH y electro conductividad	1
22	21. Poda de plantas	1

Fuente: Elaboración propia. De acuerdo con los resultados obtenidos en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

Donde se concluye que, la actividad 15. Operación del sistema, es la generadora de un mayor impacto ambiental para el medio ambiental, impactos perjudiciales como

agotamiento de los recursos hídricos, contaminación sonora, contaminación del suelo / presión al relleno sanitario, contaminación del suelo; e impactos benéficos como incentivo de economía circular / Aprovechamiento y extensión del ciclo de vida de productos, mejoramiento de las condiciones ambientales/ Purificación del aire. Igualmente sigue siendo una puntuación muy baja, que llegue a afectar de manera significativa.

Así mismo, las actividades 2. Acopio de materiales reciclables, 21. Poda de plantas y 19. Determinación de pH y electro conductividad, tienen la puntuación más baja en cuanto a generación de impactos ambientales perjudiciales (Contaminación sonora, Contaminación del suelo y Contaminación del suelo / Presión al relleno sanitario); mientras la actividad 7. Ajuste del sistema, tiene la puntuación más baja siendo generadora de un impacto benéfico (Incentivo de economía circular / Aprovechamiento y extensión del ciclo de vida de productos.

Por otro lado, las actividades 1, 2, 3, 4, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 22 son generadoras mínimo de un impacto ambiental benéfico (Incentivo de economía circular / Aprovechamiento y extensión del ciclo de vida de productos; Mejoramiento de las condiciones ambientales/ Purificación del aire; Mejoramiento de la calidad de vida).

Una vez identificados, se procede con la evaluación de los aspectos e impactos ambientales, para lo que se utiliza la Metodología de Criterios Integrados desarrollada con base en las metodologías de Leopold, Batelle y Conesa. Los criterios se describen a continuación:

Tabla 13

Criterios metodología de criterios integrados

Criterio	Valor	Descripción
Signo. Carácter benéfico o perjudicial.	+	Benéfico
	-	Perjudicial
AI	10	Afectación regional
Área de influencia del impacto	5	Afectación local
	1	Afectación puntual
SE - Severidad.	10	Alta
Grado de incidencia de la acción sobre el factor	5	Media
ambiental.	1	Baja
ST - Situación.	10	Normal. Recurrente o frecuente Anormal.
Condición de la operación.	5	Poco frecuente Emergente.
	1	Impredecible
DU - Duración.	10	Permanente
Permanencia del efecto ambiental.	5	Prolongado
	1	Temporal
SI - Sinergia.	10	Sinérgico
Reforzamiento de 2 o más efectos simples	1	No sinérgico
MA - Manifestación.	10	Inmediato. Menor a 6 meses Mediano plazo.
Tiempo de permanencia del efecto desde su	5	De 6 meses a 1 año
aparición.	1	Largo plazo. Mayor a 1 año
VU - Vulnerabilidad.	10	Alta. Cuando el factor ambiental se encuentra en un estado alto de fragilidad, en vía de extinción.
Establece la fragilidad de un ecosistema o elemento de evaluación y su capacidad de asimilación o amortiguación del efecto.	5	Media. Cuando el factor ambiental tiene la capacidad recuperarse.
	1	Baja. Cuando el factor ambiental tiene una alta capacidad de recuperación y no se ve afectado por el impacto.
TE - Tendencia.	10	Creciente. Cuando el efecto se magnifica en el tiempo.
Es un análisis del escenario futuro en el que se predice lo que sucederá con el efecto.	5	Estable. Cuando el efecto se mantiene en el tiempo.
	1	Decreciente. Cuando disminuye con el tiempo.
CO - Comunidad.	10	Afecta a la comunidad
Grado de afectación a la comunidad del área de influencia.	1	No afecta a la comunidad
RA - Regulación ambiental.	10	No aplican la normatividad
Aplicación de la normatividad ambiental.	5	Aplican la normatividad parcialmente
	1	Aplican la normatividad

S - Significancia del impacto	13-52	Poco significativo
S = ± (AI + SE + ST + DU + SI + MA + VU + TE +	53-91	Significativo
2CO + 3RA)	92-130	Muy significativo

Fuente: Elaboración propia, basado en Metodología de Criterios Integrados.

A continuación, se observa la valoración final de los criterios:

Tabla 14

Matriz de impacto ambiental

Factor ambiental	Recurso afectado	Componente ambiental	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	SG	AI	SE	ST	DU	SI	MA	VU	TE	CO	RA	S	Relevancia
Físico	Agua	Hidrosférico	Consumo de agua	Agotamiento de los recursos hídricos	-	10	1	10	10	1	10	1	5	10	1	-71	Significativo
			Vertimientos	Contaminación del agua	-	10	1	5	5	10	10	1	5	10	1	-70	Significativo
			Consumo de energía eléctrica	Agotamiento de los recursos hídricos	-	10	1	10	10	1	10	1	5	10	1	-71	Significativo
	Aire	Atmosférico	Emisión de PM10	Contaminación del aire	-	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	-22	Poco Significativo
			Generación de ruido	Contaminación sonora	-	1	1	5	1	1	10	1	1	10	1	-44	Poco Significativo
			Generación de olores ofensivos	Contaminación del aire	-	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	-22	Poco Significativo
	Suelo	Geosférico	Generación de residuos sólidos aprovechables	Contaminación del suelo	-	1	5	5	5	1	10	1	10	10	1	-61	Significativo
			Generación de residuos sólidos no aprovechables	Contaminación del suelo	-	1	5	5	5	10	10	1	1	10	1	-61	Significativo
			Generación de RESPEL	Contaminación del suelo	-	1	1	1	1	10	10	1	10	10	1	-58	Significativo
			Generación de residuos de posconsumo	Contaminación del suelo	-	1	1	1	1	1	5	1	5	10	1	-39	Poco Significativo
			Generación de RAEE´s	Contaminación del suelo	-	1	1	1	1	1	1	1	5	10	1	-35	Poco Significativo
Biológico	Vectores	Biótico	Proliferación de vectores	Aumento de la población de mosca blanca	-	5	1	10	1	10	10	1	1	10	1	-62	Significativo

Paisajístico	Paisaje	Perceptual	Aprovechamiento del espacio/ Embellecimiento y aumento de la sensación de bienestar /Mejoramiento de la percepción ambiental	Mejoramiento de la calidad visual del entorno	+	5	5	10	10	1	10	1	10	10	1	75	Significativo
Social	Social	Socioeconómico	Generación de empleo	Mejoramiento de la calidad de vida	+	5	5	10	10	1	10	1	10	10	1	75	Significativo
			Consumo de servicios públicos	Aumento en los gastos de funcionamiento	-	1	1	5	10	1	10	1	5	1	1	-39	Poco Significativo
		Sociocultural	Oferta de alimentos saludables para la comunidad	Mejoramiento de la calidad de vida	+	10	10	10	10	1	10	1	10	10	1	94	Muy Significativo
			Fomento de ideas innovadoras y prácticas sostenibles en cultivos hidropónicos	Concientización ambiental	+	10	10	10	10	1	5	1	10	10	1	94	Muy Significativo

A partir de la matriz de evaluación de criterios integrados, se jerarquizan los aspectos benéficos:

Tabla 15

Jerarquización de aspectos benéficos

No.	Aspecto benéfico	S	Relevancia
1	Oferta de alimentos saludables para la comunidad	94	Muy Significativo
2	Fomento de ideas innovadoras y prácticas sostenibles en cultivos hidropónicos	94	Muy Significativo
3	Aprovechamiento del espacio/ Embellecimiento y aumento de la sensación de bienestar /Mejoramiento de la percepción ambiental	75	Significativo
4	Generación de empleo	75	Significativo

Fuente: Elaboración propia. Basados en la matriz de impacto ambiental.

Y se determina que, es mayor la significancia (puntuación) de aspectos benéficos en comparación con los aspectos perjudiciales; donde el aspecto oferta de alimentos saludables para la comunidad tiene el mayor valor con 94 al igual que el fomento de ideas innovadoras y prácticas sostenibles en cultivos hidropónicos, estas inclusive son ventajas de la implementación de un sistema hidropónico en casa; y por último aprovechamiento del espacio/ Embellecimiento y aumento de la sensación de bienestar /Mejoramiento de la percepción ambiental y generación de empleo con 75.

Con respecto a los aspectos e impactos perjudiciales:

Tabla 16

Jerarquización de aspectos perjudiciales

No.	Aspecto perjudicial	S	Relevancia
1	Consumo de agua	-71	Significativo
2	Consumo de energía eléctrica	-71	Significativo
3	Vertimientos	-70	Significativo
4	Proliferación de vectores	-62	Significativo
5	Generación de residuos sólidos aprovechables	-61	Significativo
6	Generación de residuos sólidos no aprovechables	-61	Significativo
7	Generación de RESPEL	-58	Significativo
8	Generación de ruido	-44	Poco Significativo
9	Generación de residuos de posconsumo	-39	Poco Significativo
10	Consumo de servicios públicos	-39	Poco Significativo
11	Generación de RAEE´s	-35	Poco Significativo
12	Emisión de PM10	-22	Poco Significativo
13	Generación de olores ofensivos	-22	Poco Significativo

Fuente: Elaboración propia. Basados en la Matriz de impacto ambiental.

Se determina el poco daño que se generarían del desarrollo de un sistema de policultivo hidropónico en casa; por el contrario, la implementación de este tipo de sistemas trae consigo una serie de impactos positivos como oferta de alimentos saludables para la comunidad, fomento de ideas innovadoras, prácticas sostenibles en cultivos hidropónicos, aprovechamiento del espacio, embellecimiento y aumento de la sensación de bienestar, mejoramiento de la percepción ambiental y generación de empleo; esto se debe a que el sistema de policultivo hidropónico en casa: se reduce el consumo de agua, puesto que hay recirculación del agua en el sistema; hay preservación de los ecosistemas, ya que no se utilizan grandes espacios para cultivar; hay disminución de residuos sólidos, por el uso de material reutilizable; hay reducción en la generación de residuos químicos y/o vertimientos en agua; así como la disminución de emisión de gases dañinos, por el no uso de pesticidas-

insecticidas. También, contribuye a la alimentación orgánica, la seguridad alimentaria y el apoyo económico (impactos sociales positivos).

5. ESTUDIO TÉCNICO

5.1 DETERMINAR LA LOCALIZACIÓN

Determinar la localización más adecuada en base a todos aquellos factores que repercuten en el sistema hidropónico casero.

5.1.1 Macrolocalización

En este caso, el sistema hidropónico se ubicará en una vivienda de la ciudad de Bogotá, más exactamente en la localidad de Usme-Centro. Esta es la localidad número 5 y se encuentra situada en el suroriente de la ciudad de Bogotá, como se observa en la siguiente imagen:

Figura 9

Localidades de Bogotá



Nota: La localidad de Usme se encuentra dividida en 7 (UPZ) Unidades de planeación zonal y cuenta con alrededor de 300.000 habitantes. Fuente (TIERRA COLOMBIANA, 2019, párrafo noveno).

5.1.2 Aspectos geográficos

Esta localidad tiene una extensión de 21.506 hectáreas de estas, 2.120 corresponden a suelo urbano, 902 ha se clasifican como suelo de expansión urbana y las restantes 18.483 ha constituyen suelo rural; esta limita al norte con las localidades San Cristóbal, Rafael Uribe Uribe y Tunjuelito; al oriente con los municipios de Chipaque y une al sur con la localidad de Sumapaz; y al occidente con la localidad Ciudad Bolívar, con el Río Tunjuelo de por medio y los municipios de Pasca y Soacha (Trujillo, 2012, pág. 6).

Según la Alcaldía localidad de Usme (2022), esta está dividida en siete UPZ (Unidades de Planeamiento Zonal) las cuales son: La Flora, Danubio, Gran Yomasa, Comuneros, Alfonso López, Parque Entrenubes y Ciudad de Usme (conformada por Ciudadela El Oasis, Brisas del Llano, Usme-Centro, El Bosque Km. 11, El Pedregal-La Lira, El Salteador, La María.); y estas unidades están divididas en barrios, con más de 120 barrios y 17 veredas.

La UPZ Ciudad Usme, se ubica al occidente de la localidad de Usme, tiene una extensión de 925,5 hectáreas, equivalentes al 30,6% del total del área de las UPZ de la localidad. Esta UPZ limita, por el norte, con las UPZ Comuneros, Alfonso López y Gran Yomasa; por el oriente y por el sur con zona rural de la localidad; y por el occidente, con la UPZ Monte Blanco y zona rural de Ciudad Bolívar (con el Río Tunjuelo de por medio) (Trujillo, 2012, pág. 67).

5.1.3 Aspectos socioeconómicos

Las localidades que tienen mayor número de manzanas de estrato 1 y 2 son: Ciudad Bolívar, Usme y Bosa. Para el año 2018, la pobreza multidimensional muestra que las más afectadas son: Usme (10,9%), Ciudad Bolívar (8,9%) y Santa Fe (7,8%); siendo, Usme y Ciudad Bolívar las localidades con menores ingresos por hogar (Teusaquillo multiplica por 7 los ingresos promedio de Usme) (Bogotá, 2020, pág. 20). En la siguiente tabla se observa la estratificación de la localidad de Usme:

Tabla 17

Estratificación Localidad Usme

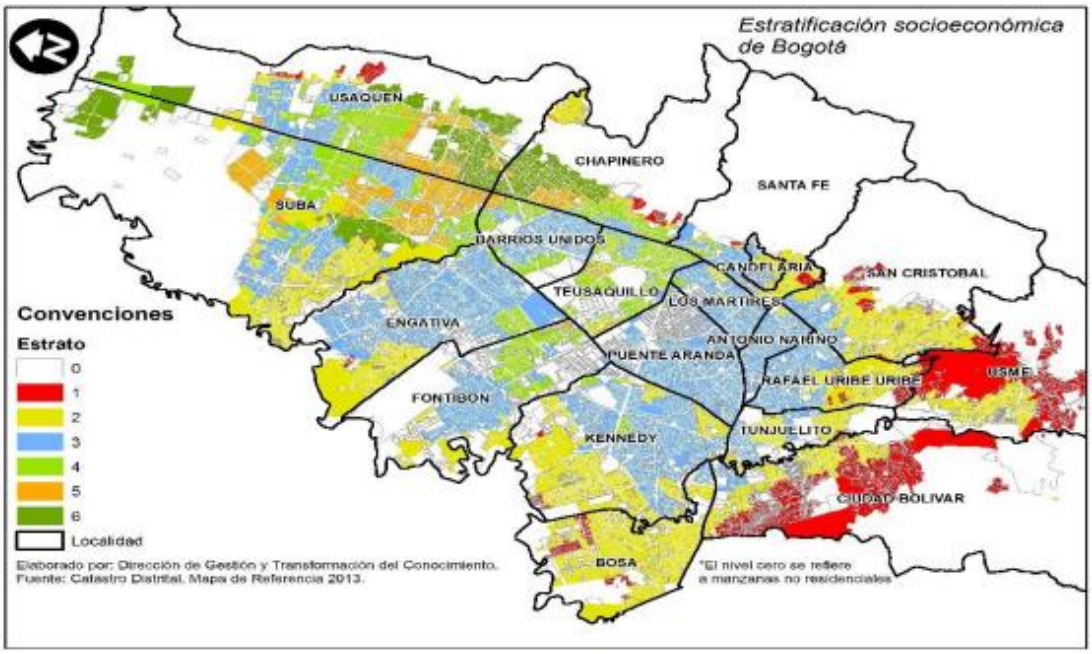
Localidad	Sin estrato	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Total
Usme	585	1.863	1.127	0	0	0	0	3.575

Nota: Número de manzanas por estrato socioeconómico. Fuente (Bogotá, 2020, pág. 18).

Como se evidencia para el año 2017, al igual que en el siguiente mapa del 2019, la localidad de Usme se encuentra entre el estrato bajo-bajo, sin presencia de estrato 3, 4, 5 y 6.

Figura 10

Estratificación socioeconómica urbana Localidad 5 - Usme



Fuente: (Bogotá, 2020, pág. 18).

En la localidad de Usme se reconocen por parte de la comunidad 14 veredas, la vocación agrícola de la región hace referencia, principalmente, a las variedades del cultivo de papa, arveja, habas, cebollas larga y cabezona; existen también cultivos de fresa en la vereda Corinto, de alcachofa en La Requilina, de flores (astromelias) en la vereda Curubita (Peña, 2020, pág. 12).

5.1.3.1 Hidrografía

Los recursos hídricos de Usme son abundantes: los ríos Tunjuelo, Curubital, Chisacá, Lechoso y Mugroso son los más importantes. En el área urbana de la localidad se destacan entre otras quebradas: La Requilina, La Taza, El Piojo, Chiguaza, Yomasa,

Bolonia, La Resaca, Santa Librada, Morales y El Zuque (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, 2018, pág. 4).

5.1.3.2 Comportamiento climático

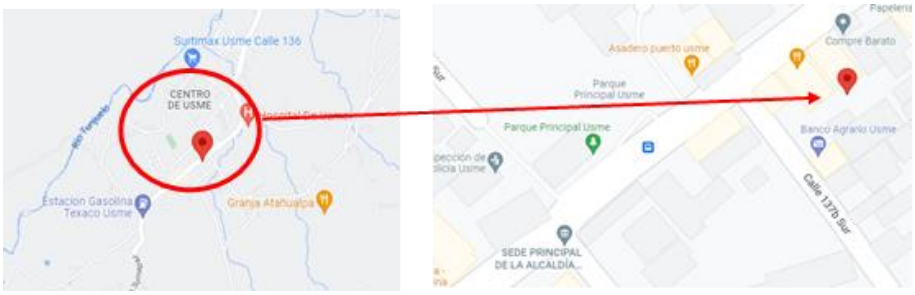
La mayor parte del territorio es montañoso y sus pisos térmicos varían de frío a páramo en la parte alta de los cerros surorientales; al sureste, en el sector comprendido entre Usme y Soacha, las temperaturas oscilan entre los 7 y 14 grados centígrados; el promedio en la zona rural es de 8 grados centígrados y en la zona urbana es de 13 grados centígrados (Pinilla, 2020). La humedad Relativa entre seca y semi-seca, Precipitación Total 800 a 1.000 mm promedio anual (Periodo más lluvioso abril a octubre) (Periodo más seco noviembre a marzo) y Altitud 2276 metros sobre el nivel del mar (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, 2018, pág. 4).

5.1.4 Microlocalización

Para la instalación del sistema hidropónico casero, se dispone de un espacio ubicado en una vivienda de la Unidad de planeación zonal 61 - Ciudad Usme, con cercanía al parque central, la iglesia san Pedro de Usme y Alcaldía Local. Esta localización se puede observar mejor en la siguiente imagen:

Figura 11

Ubicación del sistema hidropónico casero



Nota: Mapa de la ubicación exacto, donde se ubicará la estructura del Sistema hidropónico casero. Fuente (Google Maps, 2022).

5.2 EL TAMAÑO Y LA CAPACIDAD DEL PROYECTO

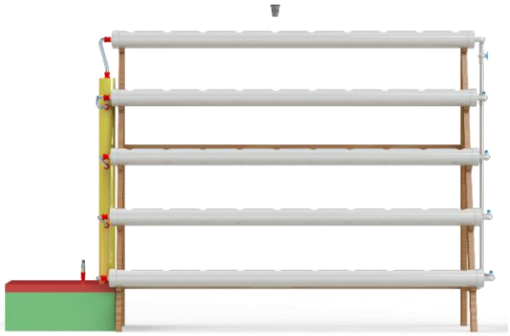
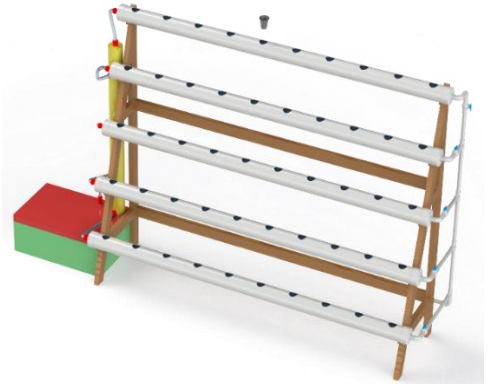
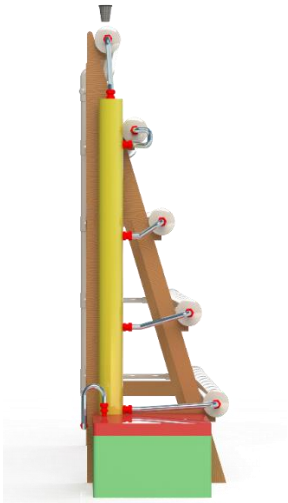
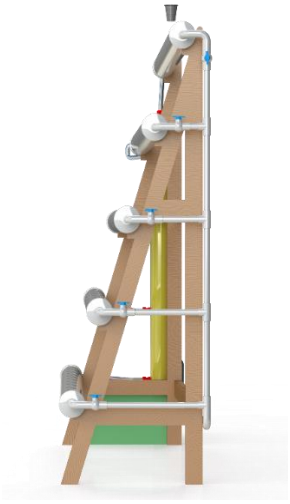
El tamaño del espacio donde se construirá la estructura del sistema hidropónico casero dispone de un área de 1.2 m^2, 0.6 m de ancho x 2 m de largo. Tendrá una capacidad promedio de producción de 50 plantas, policultivos de fresa, lechuga, espinaca, ajo y acelga.

5.3 LA DISTRIBUCIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA HIDROPÓNICO

Las dimensiones de la estructura del sistema hidropónico son de 2m de largo x 1.6 m de alto x 60cm de profundidad, siendo una estructura triangular, la cual se ajusta perfectamente al espacio asignado para la instalación de este. A continuación, se muestra la estructura diseñada en el programa Solidworks:

Figura 12

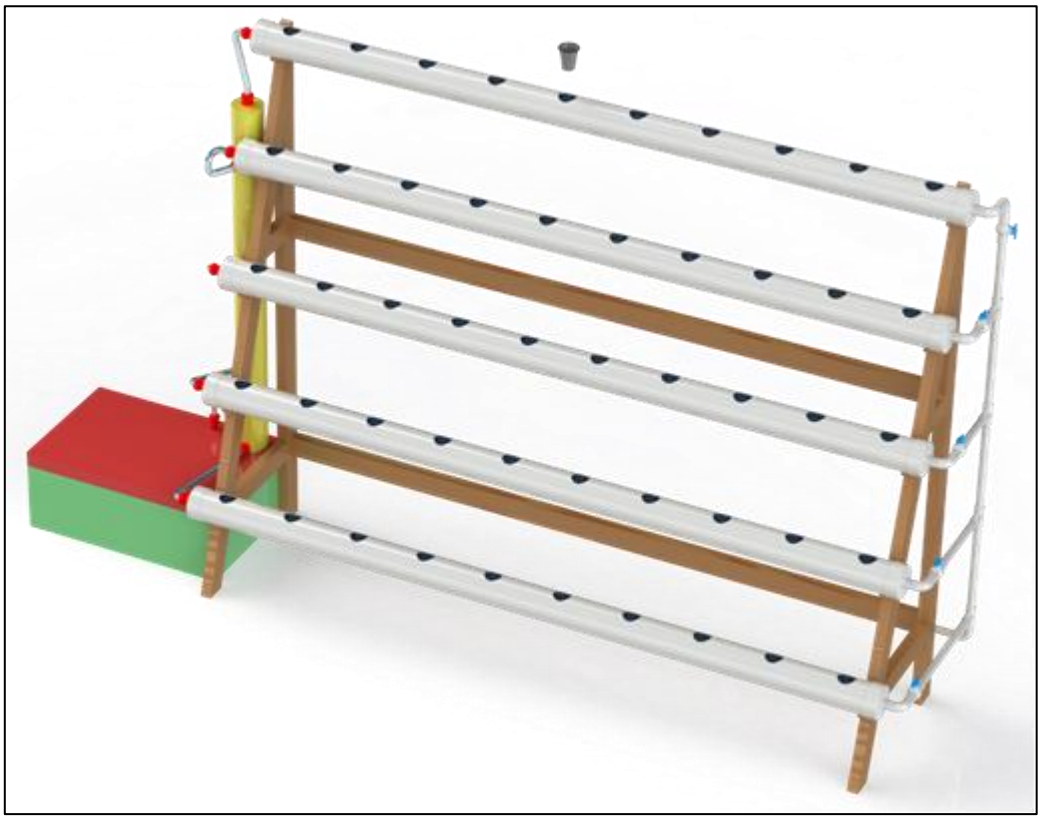
Vistas -Estructura del Sistema Hidropónico casero

Vista Frontal	Vista Isométrica
	
Vista Lateral Izquierda	**Vista Lateral Derecha**
	

Fuente: Elaboración propia utilizando la herramienta SolidWorks

Figura 13

Diseño Final – Estructura del Sistema Hidropónico



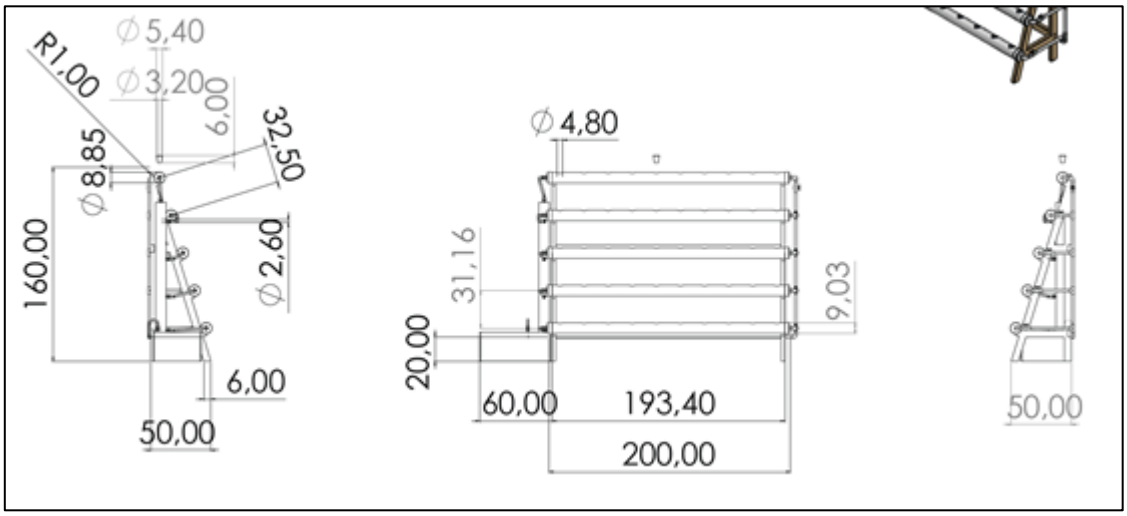
Fuente: Elaboración propia utilizando la herramienta SolidWorks

En la figura se observa el diseño final adaptado al sitio escogido para la ejecución del proyecto, se diseña una estructura de soporte triangular y se decide implementar cinco tubos de cultivo cada tubo de tres pulgadas de diámetro y con una capacidad para 10 plantas; cada tubo se alimentará de solución nutritiva de manera independiente garantizando así una independencia de cada tubo para utilizarlo solo cuando se requiera.

Las mediciones del sistema se presentan a continuación:

Figura 14

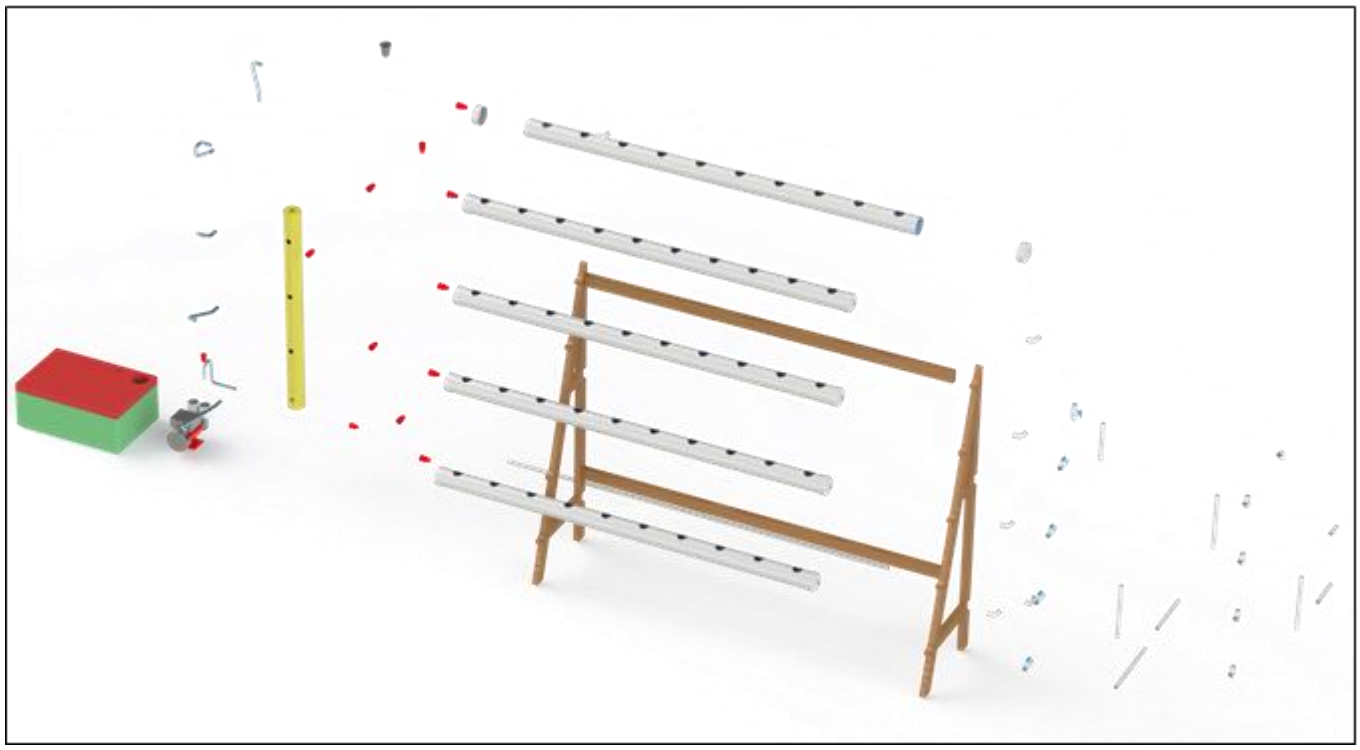
Medidas - Estructura del Sistema Hidropónico casero



Nota: Medidas en metros. Fuente: Elaboración propia utilizando la herramienta SolidWorks

Figura 15

Explosionado - Estructura del Sistema Hidropónico casero



Fuente: Elaboración propia utilizando la herramienta SolidWorks

5.4 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL SISTEMA

Para la fabricación del sistema de policultivos hidropónico en casa se realizará una serie de etapas, la cuales serán descritas de manera detallada a continuación; para ello, se tendrá en cuenta el proceso y el objetivo final del mismo:

5.4.1 Diseño conceptual

Teniendo en cuenta la investigación realizada y los antecedentes estudiados, se diseña una estructura hidropónica vertical y triangular adaptaba al sitio donde se implementará, para el funcionamiento de este se incorpora los métodos de hidroponía NFT con el método de raíz flotante obteniendo un método mixto y altamente eficiente. Con la idea propuesta se procede a realizar el diseño 3D o prototipado en la herramienta SolidWorks y el resultado final puede observarse en las figuras 11, 12, 13 y 14.

5.4.2 Materiales, insumos, máquinas y herramientas

Para la construcción de la estructura se utilizaron materiales reciclables, en conjunto con materiales de fácil acceso y algunos tornillos como elementos de fijación; materiales que serán descritos más adelante. Para la realización del trabajo se utilizaron maquinas sencillas como el taladro y las herramientas segueta, destornillador, llaves de tuercas y martillo.

5.4.3 Medición y corte de piezas

Para cada uno de los materiales y teniendo en cuenta las especificaciones definidas se procede a medir y cortar cada una de las piezas que compondrán la estructura, se corta

cuidadosamente para evitar daños en las piezas, se realiza una limpieza y finalmente se pintan cada una de las piezas para obtener un mejor acabado. Las piezas y medidas correspondientes son las siguientes.

Tabla 18

Medidas piezas necesarias para la estructura

Pieza	Cantidad	Medición
Tubo de cultivo	5	Tubo de 3 pulgadas cortado de 1.93 metros de largo y perforado con orificios de 2 pulgadas con una separación de 20 cm
Tapón Sanitario perforado	5	Tapón de 3 pulgadas, perforado con un orificio de ½ pulgada para desagüe
Tapón sanitario no perforado	5	Tapón sanitario de 3 pulgadas
Tubo de drenaje	1	Tubo de 3 pulgadas con 5 perforaciones de ¾ de pulgada
Codo de PVC	2	½ pulgada
T de PVC	5	½ pulgada
Válvula de bola PVC	5	½ pulgada
Tubo PVC de media pulgada	3 metros	1 tubo de 1 metro 3 tubos de 30 cm 2 tubos de 25 cm 2 tubos de 14 cm 1 tubo de 3 cm
Guadua	7 metros	2 parales de 1.6 metros 2 parales diagonales de 1.70 m
Tablas para ensamble	8 metros	3 tablas de 2 metros de largo 2 tablas de 45 cm 2 tablas de 20 cm
Manguera ¾ de pulgada	3 metros	5 trozos de 60 cm

Fuente: Elaboración propia

Una vez se tenga todas las piezas debidamente cortadas y pintadas se puede proceder con el proceso de ensamblaje.

5.4.4 Ensamblaje

Es necesario iniciar ensamblando la guadua junto con las tablas para conformar así la estructura de soporte; seguidamente se procederá a instalar los tubos de cultivo, para ello se separan de 50 cm del suelo y se coloca cada tubo ayudando con las abrazaderas plásticas para su sujeción a la estructura de soporte; se debe nivelar el tubo y asegurarlo con tornillos para madera, se procede a colocar los tapones a estos tubos, dejando los tapones con perforación al lado izquierdo de la estructura, ya que allí tendremos el desagüe; luego instalamos la tubería de desagüe verificando que esta llegue al tanque de almacenamiento de solución nutritiva. Conectamos los agujeros de desagüe al tubo de desagüe utilizando la manguera de ¾ de pulgada. Ensamblamos la tubería de 1/2 pulgada conformando nuestro sistema de flujo y ajustando para que se conecte adecuadamente con cada tubo de cultivo. Finalmente incorporamos la bomba sumergible dentro del tanque de almacenamiento y conectamos al sistema de flujo.

5.4.5 Prueba piloto

Verificamos las conexiones y realizamos los ajustes necesarios, llenamos nuestro tanque de almacenamiento con agua limpia y encendemos la bomba, esto con el fin de ajustar los niveles de flujo en cada válvula, verificar que el agua recorre el sistema adecuadamente y comprobar que no existan fugas.

5.4.6 Preparación de la solución nutritiva

Para el sistema hidropónico de 50 plantas se debe preparar 100 litros de solución nutritiva, teniendo en cuenta los siguientes parámetros: un pH entre 5.8 y 6.2 unidades de pH y una electroconductividad entre 1.3 mS/cm y 1.8 mS/cm o una concentración entre 800 ppm y 1200 ppm. La solución nutritiva consta en general de dos grandes compuestos, por una parte, los nutrientes mayores que corresponden al nitrógeno total (N), nitrógeno nítrico (NO3-), nitrógeno amoniacal (NH+4), Calcio (Ca2+), fósforo asimilable (P), potasio soluble (K+) y el magnesio (Mg2+) y por el otro lado los nutrientes menores los cuales corresponden a: Azufre (S), hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Boro (B) y el Cobalto (Co).

Para la preparación de la solución nutritiva se debe preparar por separado los nutrientes mayores y los nutrientes menores en un litro de agua teniendo en cuenta las siguientes dosis según corresponda:

Tabla 19

Dosis nutrientes mayores y menores

Nutrientes Mayores		**Nutrientes Menores**	
Compuesto	Dosis (gr/l)	Compuesto	Dosis (gr/l)
Nitrógeno Total	40	Azufre	11.39
Nitrógeno Nítrico	35.2	Hierro	0.616
Nitrógeno Amoniacal	4.88	Cobre	0.03
Calcio	37.9	Zinc	0.09
Fosforo asimilable	18.76	Manganeso	0.26
Potasio soluble	25.8	Molibdeno	0.001
Magnesio	9.6	Boro	0.39
		Cobalto	0.0001

Nota: Dosis para la preparación de un litro de nutrientes. Fuente: Mi Mundo Hidropónico.

Una vez mezclados los nutrientes mayores y menores se debe utilizar una dosis de 4 ml/l de nutrientes mayores y una dosis de 2 ml/l de nutrientes menores para la preparación de la solución nutritiva. Es decir, que para preparar 100 litros de solución nutritiva se deberán agregar aproximadamente 400 ml de la solución de nutrientes mayores y 200 ml de la solución de nutrientes menores. Es necesario realizar la medición de la concentración de nutrientes y ajustarla según corresponda y finalmente ajustar el pH, agregando una solución reguladora de pH, bien sea para aumentar o disminuir el POH y llevarlo a los niveles óptimos.

5.4.7 Preparar plántulas, siembra

Finalmente, procedemos con la siembra de nuestras plántulas en el sistema. Para ello, vamos a preparar cada plántula, lavando las raíces de la planta con abundante agua eliminando todo rastro de tierra e impurezas y dejando totalmente limpia la raíz de cada planta. Posteriormente, introducimos la planta en una capsula o canastilla de cultivo permitiendo que la raíz de la planta sobresalga por el agujero inferior de la capsula, y por último llevando esta capsula a nuestros tubos de cultivo. Es necesario ser muy limpios y cuidadosos en este procedimiento para evitar la transmisión de hongos o bacterias a las plantas y en lo posible evitar un daño a las raíces de la planta.

5.4.8 Puesta en marcha

En este punto ya podemos poner en funcionamiento nuestro sistema, es necesario que la bomba de agua se encienda durante unos 10 o 15 minutos cada hora del día dependiendo de las condiciones ambientales donde se encuentre instalado el sistema hidropónico. Dado que nuestro sistema operará en un ambiente cerrado y con una

temperatura que oscila entre los 12 y 22 grados centígrados se encenderá el motor durante 10 minutos cada hora y media en la jornada diurna. Para automatizar este proceso se implementa un temporizador eléctrico programable con las siguientes instrucciones dentro de su programación.

Tabla 20

Horario de encendido de bomba sumergible para circulación de solución nutritiva

Hora de encendido	Hora de apagado	Tiempo de circulación (Minutos)
6:00 am	6:15 am	15
7:30 am	7:40 am	10
9:00 am	9:10 am	10
10:30 am	10:40 am	10
12:00 pm	12:15 pm	15
1:30 pm	1:40 pm	10
3:00 pm	3:10 pm	10
4:30 pm	4:40 pm	10
6:00 pm	6:15 pm	15
Tiempo Total:		105 minutos o 1.75 horas

Fuente: Elaboración propia. En base a los datos tomados en nuestro sistema

En estos horarios y durante el tiempo establecido la bomba sumergible se encenderá y permitirá que la solución nutritiva circule en el sistema, esto ayudara a que la recirculación y oxigenación de la solución nutritiva. Cabe resaltar que la bomba solo se encenderá durante 1.75 horas durante, el día manteniendo un gasto de energía eléctrica bajo, pero también dejando abierta la oportunidad de remplazarse la energía eléctrica convencional por la instalación de un sistema solar que alimente el sistema.

5.4.9 Monitoreo y mantenimiento

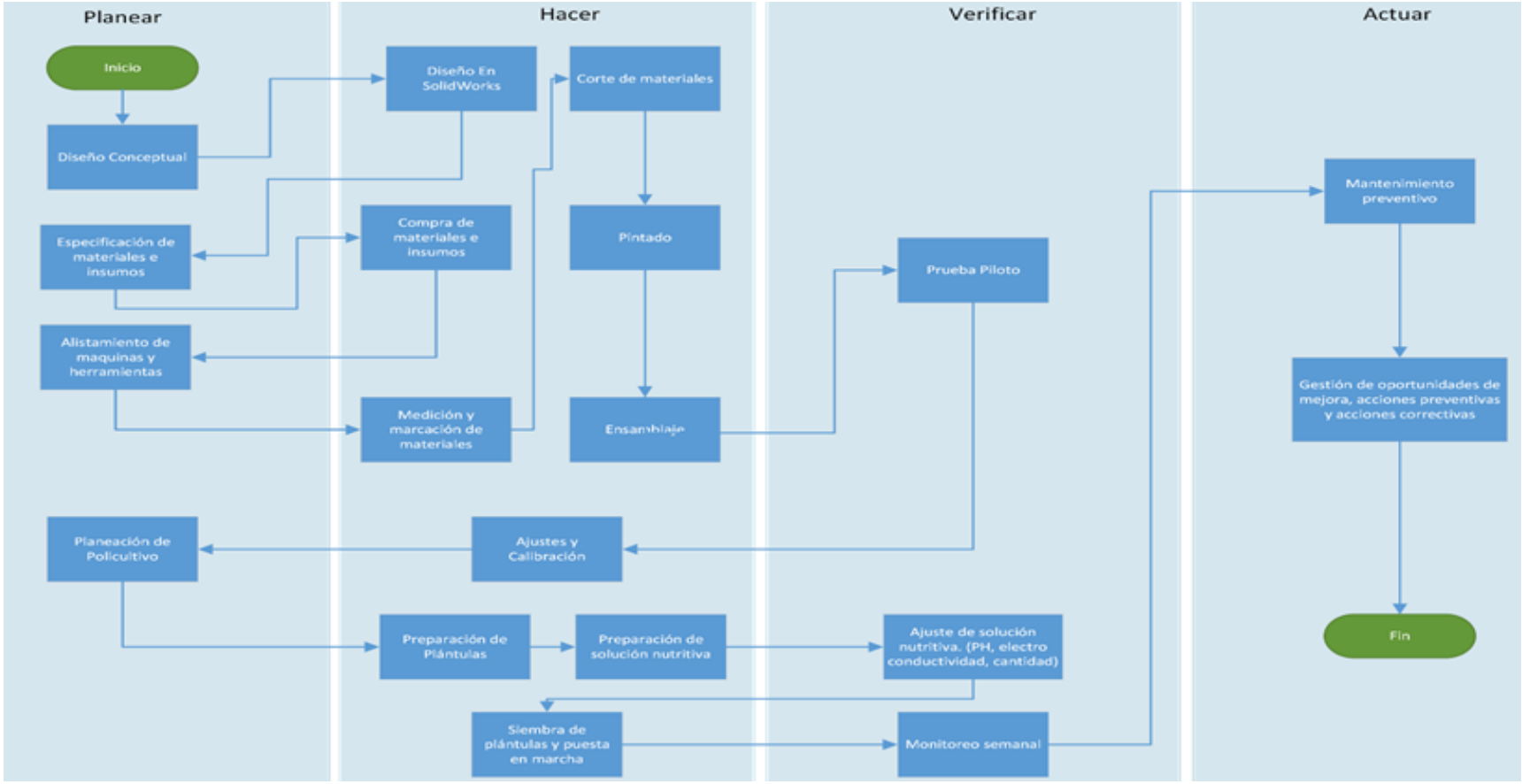
Es necesario realizar un monitoreo semanal al sistema, aquí se debe realizar un chequeo a los niveles de la solución nutritiva evitando niveles inferiores al 60% de la

cantidad de solución necesaria, de ser preciso agregar solución, además se debe controlar el pH y la concentración de nutrientes siempre manteniendo estos en los niveles deseables.

Adicionalmente se debe observar el crecimiento, estado y condiciones de las plantas para así detectar cualquier problema y poder darle solución a tiempo.

Figura 16

Diagrama de flujo – Proceso de fabricación de un sistema hidropónico



Fuente: Elaboración propia utilizando la herramienta Visio.

En resumen, el anterior diagrama presenta el proceso de fabricación de un sistema hidropónico teniendo en cuenta las fases de un ciclo PHVA, permitiendo que la fabricación este inmersa en un proceso de mejora continua.

5.5 RESULTADOS

Para el desarrollo de este sistema, se propuso la implementación de elementos reciclados, reutilizables o más económicos para la reducción de costos en el momento de la construcción de la estructura. Como se observa en las siguientes imágenes, empleamos guadua reciclada, botellas plásticas para hacer las abrazaderas y vasos desechables como macetas-canastilla para un cultivo hidropónico:

Figura 17

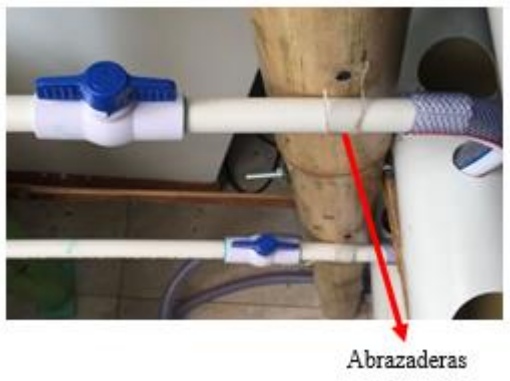
Guadua reciclada



Fuente: Elaboración propia

Figura 18

Abrazaderas recicladas



Fuente: Elaboración propia

Figura 19

Canastilla con vasos desechables



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta el diseño realizado en la herramienta SolidWorks, el análisis del espacio y el alistamiento adecuado de los materiales, se pasa a la construcción de la estructura, obteniendo como resultado el siguiente sistema hidropónico en casa:

Figura 20

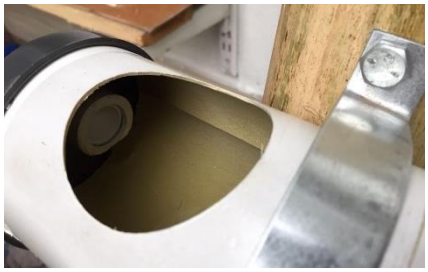
Construcción sistema hidropónico - Tubería desagüe



Fuente: Elaboración propia

Figura 21

Construcción sistema hidropónico - perforación tubo de cultivo



Fuente: Elaboración propia

Figura 22

Instalación de tubos de cultivos en estructura



Fuente: Elaboración propia

Figura 23

Tubos de cultivos en estructura



Fuente: Elaboración propia

Figura 24

Ensamble estructura sistema hidropónico - vista lateral interna



Fuente: Elaboración propia

Figura 25

Ensamble estructura sistema hidropónico



Fuente: Elaboración propia

Se realizaron mediciones de pH y el nivel de electroconductividad en el sistema, basados en los niveles mínimos y máximos que puede tener cada una de las plantas, esto obtenido de la investigación llevaba a cabo previamente.

Figura 26

Medidor de pH



Nota: Nivel manejado en nuestro sistema 5,9.

Fuente: Elaboración propia

Figura 27

Medidor de electroconductividad



Nota: Nivel manejado en nuestro sistema 1.044ppm. *Fuente:* Elaboración propia

Anticipadamente, se dejaron en germinación las semillas de las plantas lechuga, espinaca y acelga, las plántulas de fresas y los dientes de ajo, los cuales fueron trasplantados al sistema.

Figura 28

Plántulas en germinación



Fuente: Elaboración propia

Figura 29

Traspaso de plántulas



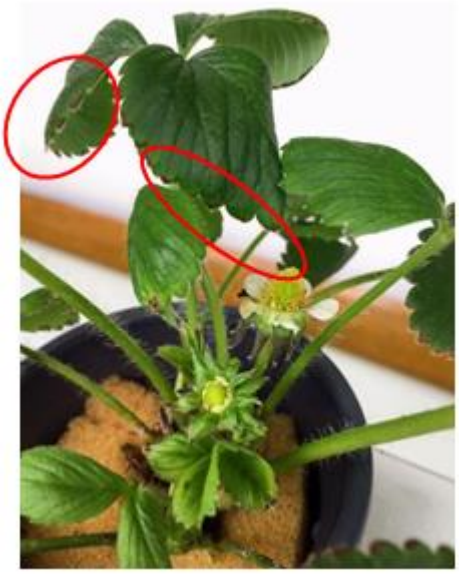
Fuente: Elaboración propia

Inicialmente, se estaba llevando un registro y toman de pH una vez a la semana, después de pasados 15 días evidenciamos que estas tomas debían realizarse de manera más

continua ya que el pH aumento drásticamente afectando el desarrollo de algunas plantas. Por ejemplo, las acelgas cultivas murieron, por lo cual se decidió dejar de plantarlas dada su poca resistente a cambios en el sistema; para el caso de las otras plantas, aunque se quemaron algunas de sus hojas estas siguieron creciendo, las lechugas fueron las más resistentes a estos cambios.

Figura 30

Fresas afectadas por alteración de pH



Fuente: Elaboración propia

Las tomas de pH y electroconductividad se empezaron a realizar cada 2 días para evitar grandes afectaciones y en caso de requerirse, ajustarse a tiempo. Teniendo como resultado un excelente rendimiento del sistema y rápido crecimiento de los productos:

Figura 31

Crecimiento productos semana 1



Nota: Crecimiento espinaca semana 1.

Fuente: Elaboración propia

Figura 32

Crecimiento productos semana 2



Nota: Crecimiento espinaca semana 2.

Fuente: Elaboración propia

Figura 33

Crecimiento productos semana 3



Nota: Crecimiento espinaca semana 3. Fuente: Elaboración propia

El ciclo o tiempo de producción de cada una de las plantas en el sistema hidropónico de policultivos en casa se observa en la siguiente tabla:

Tabla 21

Tiempo de producción de las plantas

Planta/Producto	Tiempo de producción
Lechuga	40 – 45 días
Fresa	180 días – 6 meses
Ajo	90 días – 3 meses
Espinaca	60 días – 2 meses

Fuente: Elaboración propia. Para el caso de las fresas, el tiempo de producción indicado se establece según la investigación realizada.

Por otro lado, la cantidad de agua consumida durante 3 meses para las 50 plantas fue de 100 litros. El tanque se llena con agua cada 15 días para mantenerlo a tope y evitar que el pH varíe o la bomba se dañe.

Se plantaron otras plantas como lentejas, menta, pimentón, ají y lechuga morada, como se observa en las siguientes imágenes:

Figura 34

Cultivo lechuga morada sistema hidropónico



Fuente: Elaboración propia

Figura 35

Cultivo menta y lechugas sistema hidropónico



Fuente: Elaboración propia

Figura 36

Cultivo lentejas sistema hidropónico



Fuente: Elaboración propia

Figura 37

Cultivo pimentón sistema hidropónico



Fuente: Elaboración propia

Resultados del sistema hidropónico de policultivo en casa:

Figura 38

Resultados del sistema hidropónico de policultivo - Fresas



Nota: Resultado después de un mes de cultivo. Fuente: Elaboración propia

Figura 39

Resultados del sistema hidropónico de policultivo - Lechuga



Nota: Resultado después de 45 días de cultivo. Fuente: Elaboración propia

Figura 40

Resultados del sistema hidropónico de policultivo - Ajo



Nota: Resultado 8 días de germinación; en ese momento se estaba plantando en el sistema hidropónico. Fuente: Elaboración propia

Figura 41

Resultados del sistema hidropónico de policultivo - Acelga

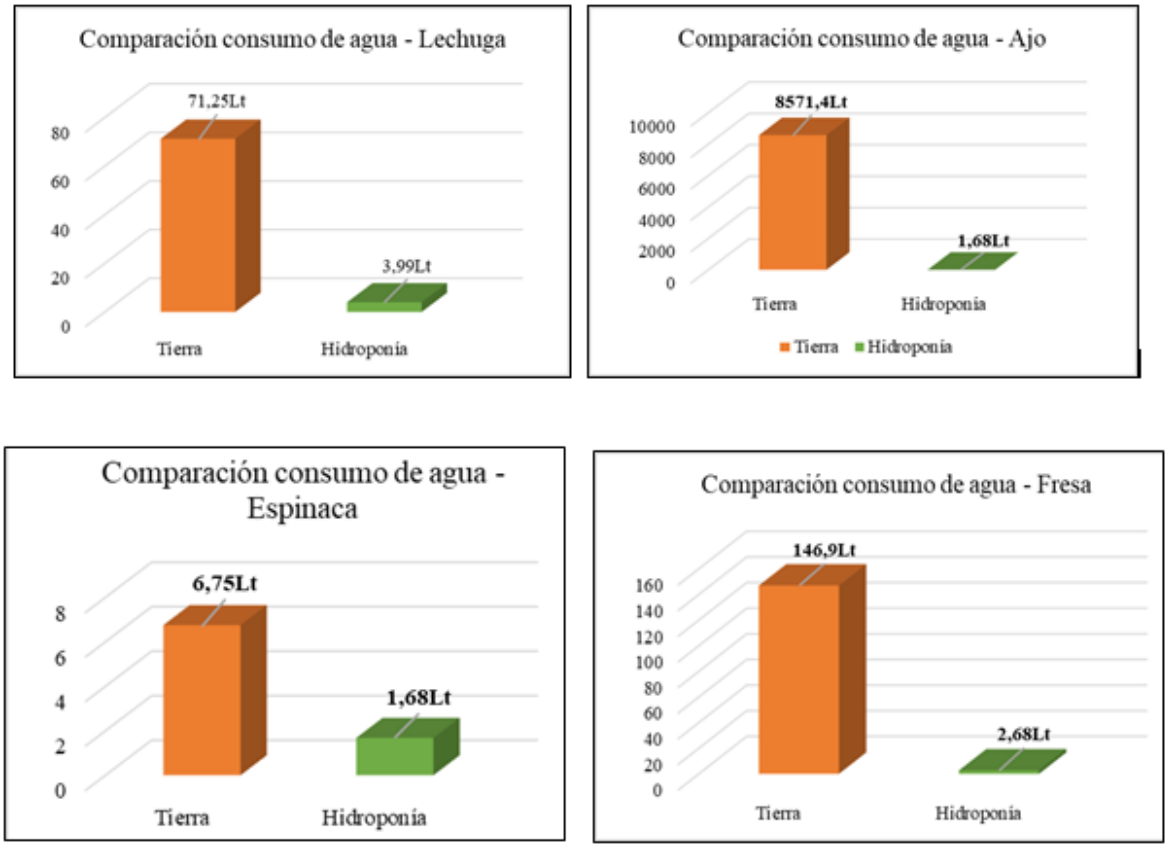


Nota: Resultado 25 días de germinación; en ese momento se estaba plantando en el sistema hidropónico. Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, se realizó una comparación de la cantidad de agua consumida en un cultivo de tierra y un sistema hidropónico por cada planta, para un periodo de 30 días, donde se evidencia un ahorro para todos los casos de más del 90%:

Figura 42

Comparación consumo de agua plantas



Fuente: Elaboración propia.

6. ESTUDIO FINANCIERO

6.1 MONTO DE INVERSIÓN TOTAL REQUERIDO

6.1.1 Inversión fija

Los activos tangibles están referidos al terreno, edificaciones, maquinaria y equipo, mobiliario, vehículos, herramientas, etc. (PADILLA, Formulación y Evaluación de Proyectos, 2011, pág. 191); Para la implementación de este proyecto, el área en donde se ubica la estructura del sistema hidropónico no requiere ningún tipo de modificación en el

terreno o adaptación de este, por ello no genera costos adicionales, simplemente se busca espacio que cuenta con buena iluminación.

Tabla 22

Costo maquinaria y equipos

Concepto	Costo	
Motor	$	250.000
Temporizador electrónico	$	50.000
Medidor de pH	$	45.000
Conductímetro 3 en 1	$	45.000
Total	$	390.000

Nota: Elaboración propia.

6.1.2. Inversión diferida

Los activos intangibles están referidos al conjunto de bienes de la empresa, necesarios para su funcionamiento, e incluyen investigaciones preliminares, gastos de estudio, adquisición de derechos, patentes de invención, licencias, permisos, marcas, asistencia técnica, gastos preoperativos y de instalación, puesta en marcha, estructura organizativa, etc. (PADILLA, Formulación y Evaluación de Proyectos, 2011, pág. 192). Para este caso, no se requieren solicitar licencias o permisos.

6.1.3. Capital de trabajo

Se conocen como las necesidades de capital de trabajo que requiere el proyecto para comenzar su operación, ubicando los costos de los materiales, transportes, mano de obra, sueldos, arrendamiento, servicios públicos, mantenimiento, etc., determinando, ante todo, los elementos de costo significativos dentro del proceso de operación del proyecto (PADILLA, Formulación y Evaluación de Proyectos, 2011, pág. 192).

En este proyecto, se utilizan materiales reciclables para minimizar la inversión, por ejemplo: botellas plásticas empleadas como abrazaderas y parte de las guaduas. En las siguientes tablas se detallan las cantidades y costos de materia prima e insumos necesarios para la puesta en marcha del sistema hidropónico casero.

Tabla 23

Inversión materiales

Materia prima/material	Costo unitario	Cantidad	Costo total
Tubería Sanitaria de 3” PVC	$ 8.120	10	$ 81.200
Tubería agua de ½” PVC	$ 3.500	4	$ 14.000
Tubería de 2” TL	$ 2.000	2	$ 12.000
Cinta eléctrica de vinilo	$ 2.000	1	$ 2.000
Canastillas de cultivo – Vasos desechables	$ 40	50	$ 2.000
Kit regulador de pH	$ 22.000	1	$ 22.000
Plántula espinaca	$ 25	200	$ 5.000
Semilla ajo	$ 70	10	$ 700
Plántulas lechuga crespa	$ 60	30	$ 1.800
Plántulas de fresa	$ 1.200	25	$ 30.000
Espuma para germinar x162 CB	$ 9.000	1	$ 9.000
Kit líquido para 1000Ltrs (nutrientes mayores y menores)	$ 35.000	1	$ 35.000
Tornillos de madera 1 pulgada	$ 833	24	$ 20.000
Laca	$ 9.000	2	$ 18.000
Pintura	$ 9.000	4	$ 36.000
Tapón Sanitario 3 pulgadas	$ 1.182	11	$ 13.000
Codo de PVC	$ 520	2	$ 1.040
T de PVC	$ 2.500	5	$ 12.500
Válvula de bola PVC	$ 2.300	5	$ 11.500
Guadua	$ 6.429	7 mt	$ 45.000
Manguera ¾ de pulgada	$ 8.000	3 mt	$ 24.000
Limpiador de PVC	$ 8.000	1	$ 8.000
Pegante PVC	$ 12.000	1	$ 12.000
Bolsas lechuga	$ 147	100	$ 14.700
Total			**$ 430.440**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24

Inversión Insumos - Servicios públicos

Concepto	Monto mensual	
Agua	$	1.000
Luz	$	63
Inversión total	**$**	**1.063**

Nota: Elaboración propia. Con base al costo promedio de las facturas luz y agua.

Tabla 25

Capital total de trabajo

Concepto	Monto mensual	
Materia prima	$	430.440
Insumos	$	1.063
Inversión total en capital de trabajo	**$**	**431.503**

Nota: Elaboración propia.

6.1.4. Inversión total

El monto de inversión total requerido para la puesta en marcha del sistema hidropónico casero se resume en la siguiente tabla:

Tabla 26

Inversión total

Concepto	Monto mensual	
Inversión fija	$	390.000
Inversión diferida	$	-
Capital de trabajo	$	431.503
Inversión total del proyecto	**$**	**821.503**

Nota: Elaboración propia.

6.2 PRESUPUESTO DE INGRESOS Y EGRESOS

6.2.1. Pronóstico de ingreso

La capacidad promedio del sistema de policultivo hidropónico es de 50 plantas y se realizará el pronóstico de ingresos para los próximo cinco (5) años. Para determinar el valor de aumento en el costo anual de los productos, se toman el valor promedio reportado por el DANE en el sistema de información de precios (SIPSA) – Mayorista Boletín Semanal (DANE, 2022, parrafo primero).

En la siguiente tabla, se muestra el presupuesto de ingresos del sistema de policultivo hidropónico casero por concepto de venta de los productos: fresas, lechugas, espinacas y ajos, la cual representa en el primer año de operación $689.432, los cuales se incrementan año a año, hasta lograr un ingreso de $ 879.960en el año 5.

Tabla 27

Pronóstico de ingreso

Producto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Lechuga verde crespa						
Unidades	292	292	292	292	292	292
Precio X unid	$ 2.000	$ 2.134	$ 2.267	$ 2.401	$ 2.534	$ 2.668
Subtotal	$ 584.000	$ 622.982	$ 661.964	$ 700.946	$ 739.928	$ 778.910
Ajo						
Unidades	20	20	20	20	20	20
Precio X unid	$ 900	$ 1.050	$ 1.200	$ 1.350	$ 1.500	$ 1.650
Subtotal	$ 18.250	$ 21.292	$ 24.333	$ 27.375	$ 30.417	$ 33.458
Espinaca						
Unidades	12	12	12	12	12	12
Precio X unid	$ 2.100	$ 2.150	$ 2.200	$ 2.250	$ 2.300	$ 2.350
Subtotal	$ 25.550	$ 26.158	$ 26.767	$ 27.375	$ 27.983	$ 28.592
Fresas						
Unidades	60	60	60	60	60	60
Precio X unid	$ 233	$ 317	$ 400	$ 483	$ 567	$ 650
Subtotal	$ 14.000	$ 19.000	$ 24.000	$ 29.000	$ 34.000	$ 39.000
Total ingresos sistema policultivos		**$ 689.432**	**$ 737.064**	**$ 784.696**	**$ 832.328**	**$ 879.960**

Nota: Elaboración propia. Información basada en el boletín mayorista semanal del DANE, se aumentan $200 a la lechuga, $50 a el ajo, $100 a la espinaca y $20 a la fresa, todas por unidades, teniendo en cuenta que son productos inorgánicos.

Se experimentan con diferentes productos como por ejemplo ají, pimentón, entre otros; para el caso de la acelga, en la primera producción las plantas no se adaptaron al sistema de policultivos hidropónicos por lo cual se decidió no plantar más de este producto.

6.2.2 Presupuesto de egresos

A continuación, se muestra el presupuesto de egresos; Tabla que muestra los costos directos e indirectos (costos de producción) y los gastos de operación, requerido en el presente proyecto:

Tabla 28

Presupuesto de egresos

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos de producción						
Costos Directos						
Vasos desechables	$ 40.000	$ 40.050	$ 40.100	$ 40.150	$ 40.200	$ 40.250
Plántulas lechuga crespa	$ 17.520	$ 17.620	$ 17.720	$ 17.820	$ 17.920	$ 18.020
Plántulas de fresa	$ 9.600	$ 9.700	$ 9.800	$ 9.900	$ 10.000	$ 10.100
Plántula espinaca	$ 304	$ 404	$ 504	$ 604	$ 704	$ 804
Semilla ajo	$ 2.065	$ 2.165	$ 2.265	$ 2.365	$ 2.465	$ 2.565
Espuma para germinar	$ 27.000	$ 27.100	$ 27.200	$ 27.300	$ 27.400	$ 27.500
Total costos directos	**$ 96.489**	**$ 97.039**	**$ 97.589**	**$ 98.139**	**$ 98.689**	**$ 99.239**
Costos indirectos						
Agua	$ 12.000	$ 13.752	$ 15.760	$ 18.061	$ 20.698	$ 23.719
Luz	$ 758	$ 869	$ 996	$ 1.141	$ 1.308	$ 1.499
Total costos indirectos	**$ 12.758**	**$ 14.621**	**$ 16.756**	**$ 19.202**	**$ 22.006**	**$ 25.218**
Gastos de venta						
Bolsas lechuga	$ 58.800	$ 58.900	$ 59.000	$ 59.100	$ 59.200	$ 59.300
Total gastos de venta	**$ 58.800**	**$ 58.900**	**$ 59.000**	**$ 59.100**	**$ 59.200**	**$ 59.300**
Total	**$ 168.048**	**$ 170.560**	**$ 173.345**	**$ 176.441**	**$ 179.895**	**$ 183.758**

Fuente: Elaboración propia con base a los datos de la tabla Capital de trabajo.

Adicionalmente, para la variación anual del agua y la luz, se tuvo en cuenta: La electricidad es una de las subclases que más contribuyó al incremento de los precios, influyendo en los servicios de agua y luz y ubicándose en el tercer lugar, con una variación anual de 14,6 %. (PORTAFOLIO, 2022, parrafo segundo).

6.2.3 Ingresos netos

Una vez determinado los ingresos y egresos del proyecto se calculan de los ingresos netos, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 29

Ingresos netos

Año	Ingresos brutos	Egresos brutos	Ingresos netos
Año 1	$ 689.432	$ 170.560	$ 518.872
Año 2	$ 737.064	$ 173.345	$ 563.719
Año 3	$ 784.696	$ 176.441	$ 608.255
Año 4	$ 832.328	$ 179.895	$ 652.433
Año 5	$ 879.960	$ 183.758	$ 696.202

Nota: Elaboración propia, con base en las tablas pronóstico de ingresos y presupuesto de gastos.

6.3 TASA DE DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN

6.3.1 Depreciación

Para calcular la depreciación de los activos fijos, se utilizará el método de depreciación por línea recta, el cual se muestra a continuación:

Tabla 30

Depreciación equipo y maquinaria

Equipo	Costo	Vida útil	Tasa amortización	Año 1	Año 5	Valor del salvamento X 5 años
Motor	$ 250.000	5	10%	$ 25.000	$ 125.000	$ 125.000
Temporizador electrónico	$ 50.000	5	10%	$ 5.000	$ 25.000	$ 25.000
Medidor de pH	$ 45.000	3	10%	$ 4.500	$ 13.500	$ 31.500
Conductímetro 3 en 1	$ 45.000	3	10%	$ 4.500	$ 13.500	$ 31.500
Total	**$ 390.000**			**$ 39.000**	**$ 177.000**	**$ 213.000**

Nota: Tasa de depreciación de 10% para equipos eléctricos de acuerdo con el artículo 137 del estatuto tributario, que establece las tasas máximas que se pueden usar para la depreciación anual.

6.4 ANALIZAR COSTOS Y GASTOS

En la siguiente tabla se muestra el monto total anual de costos y gastos necesarios para la operación del proyecto durante un periodo de cinco (5) años:

Tabla 31

Análisis de costos y gastos

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos indirectos					
Depreciación	$ 39.000	$ 39.000	$ 39.000	$ 39.000	$ 39.000
Costos directo					
Materia prima e insumos	$ 97.039	$ 97.589	$ 98.139	$ 98.689	$ 99.239
Total de costos directos e indirectos	**$ 136.039**	**$ 136.589**	**$ 137.139**	**$ 137.689**	**$ 138.239**

Nota: Elaboración propia, con base en los datos reportados en las tablas depreciación y equipo y maquinaria y presupuesto de egresos.

6.5 PRO FORMA

6.5.1 Estado de resultados

En esta sección se muestran los resultados obtenidos, utilidades o pérdidas, en determinado periodo producto de la operación del sistema de policultivos hidropónico casero. Esto permite determinar la utilidad neta y el flujo neto de efectivo, indicando el beneficio real de dicha operación.

En la siguiente tabla se observa el estado de resultado proyectado por cinco (5) años posteriores al 2022.

Tabla 32

Estado de Resultados proyecto

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos por ventas	$ 689.432	$ 737.064	$ 784.696	$ 832.328	$ 879.960
Costo de lo vendido	$ 170.560	$ 173.345	$ 176.441	$ 179.895	$ 183.758
Utilidad bruta	**$ 518.872**	**$ 563.719**	**$ 608.255**	**$ 652.433**	**$ 696.202**
Gastos de administración	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Gastos de venta	$ 58.900	$ 59.000	$ 59.100	$ 59.200	$ 59.300
Gastos financieros	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Utilidad de operación	**$ 459.972**	**$ 504.719**	**$ 549.155**	**$ 593.233**	**$ 636.902**
Impuestos	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Utilidad neta	**$ 459.972**	**$ 504.719**	**$ 549.155**	**$ 593.233**	**$ 636.902**

Nota: Elaboración propia, con base a los datos reportados en las tablas ingresos netos y presupuestos de ingresos.

6.5.2 Balance general

A continuación, mediante el Balance general se pretende analizar la estructura financiera en el periodo de inversión y en cada uno de los años de operación del proyecto.

Tabla 33

Balance General

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
ACTIVO						
Efectivo	$ 431.503	$ 491.503	$ 479.135	$ 479.135	$ 479.135	$ 479.135
Inventario	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Cuentas por cobrar	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Total activo corriente	**$ 431.503**	**$ 491.503**	**$ 479.135**	**$ 479.135**	**$ 479.135**	**$ 479.135**
Activos fijos						
Equipos	$ 390.000	$ 390.000	$ 390.000	$ 390.000	$ 390.000	$ 390.000
Depreciación	$ -	$ 39.000	$ 39.000	$ 39.000	$ 30.000	$ 30.000
Total activo fijo	**$ 390.000**	**$ 351.000**	**$ 351.000**	**$ 351.000**	**$ 360.000**	**$ 360.000**
Activo diferido						
Contrato de agua	$ 12.000	$ 13.752	$ 15.760	$ 18.061	$ 20.698	$ 23.719

Contrato de luz	$ 758	$ 869	$ 996	$ 1.141	$ 1.308	$ 1.499
Total activo diferido	**$ 12.758**	**$ 14.621**	**$ 16.756**	**$ 19.202**	**$ 22.006**	**$ 25.218**
ACTIVO TOTAL	**$ 834.262**	**$ 857.124**	**$ 846.891**	**$ 849.337**	**$ 861.141**	**$ 864.354**
Pasivo y patrimonio						
Pasivo	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
PASIVO TOTAL	**$ -**	**$ -**	**$ -**	**$ -**	**$ -**	**$ -**
Patrimonio						
Capital social	$ 821.503	$ 881.503	$ 929.135	$ 929.135	$ 929.135	$ 929.135
TOTAL PATRIMONIO	**$ 821.503**	**$ 881.503**	**$ 929.135**	**$ 929.135**	**$ 929.135**	**$ 929.135**
TOTAL PASIVO + PATRIMONIO	**$ 821.503**	**$ 881.503**	**$ 929.135**	**$ 929.135**	**$ 929.135**	**$ 929.135**

Nota: Elaboración propia, con base al incremento en ventas anuales obtenidos en el presupuesto de ingresos.

6.6 FLUJO NETO

El flujo neto establece los ingresos reales del proyecto, ya que en la utilidad neta que resulta del estado de pérdidas y ganancias se debe tener en cuenta que se han hecho unos egresos como la depreciación de activos fijos y la amortización de activos diferidos, que no implican la salida de efectivo de caja, los cuales se deben adicionar, para conocer la real situación de los ingresos del proyecto, a partir de los cuales se puede hacer su evaluación financiera (PADILLA, Formulación y Evaluación de Proyectos, 2011, pág. 215). En la siguiente tabla se observa el flujo de neto de este proyecto:

Tabla 34

Flujo neto del proyecto

Concepto	**Año 1**	**Año 2**	**Año 3**	**Año 4**	**Año 5**
Utilidad neta	$ 459.972	$ 504.719	$ 549.155	$ 593.233	$ 636.902
Depreciación	$ 39.000	$ 39.000	$ 39.000	$ 39.000	$ 39.000
Amortización	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Valor salvamento					$ 213.000
Flujo neto de efectivo	**$ 498.972**	**$ 543.719**	**$ 588.155**	**$ 632.233**	**$ 888.902**

Nota: Elaboración propia, con base en los datos obtenidos en las tablas Estado de Resultados proyecto, depreciación y valor salvamento. No se contemplan prestamos financieros, ya que el proyecto se realiza con recursos propios.

6.7 PUNTO DE EQUILIBRIO

En este análisis se pretende determinar el nivel de producción que deberá mantener el proyecto para lograr el equilibrio entre ingresos y egresos, sin incurrir a pérdidas, calculando el punto mínimo de producción. Para ello, se realizará el análisis con cada producto (lechuga, ajo, espinaca y fresa), teniendo en cuenta la producción anual de cada uno y la implicación de costos directos (vasos desechables, plántulas y espumas para germinar) e indirectos (insumos, depreciación).

6.7.1 Punto de equilibrio método Analítico

En este análisis se tendrá en cuenta los costos directos e indirectos de cada producto y las fórmulas indicadas en los Anexos.

Tabla 35

Análisis punto de equilibrio

Producto	**Lechuga**	**Ajo**	**Espinaca**	**Fresa**
Unidades a vender anual	292	20	12	60
Total unidades		384		
% participación	76%	5%	3%	16%
Precio venta unitario	$ 2.134	$ 1.050	$ 2.150	$ 317
Costo venta unitario	$ 253	$ 194	$ 162	$ 178
Precio promedio ponderado		$ 1.794		
Costo promedio ponderado		$ 235		
Costo indirecto anual		$ 111.652		
Margen de contribución	$ 1.881	$ 856	$ 1.988	$ 139
MC ponderado		$ 1.559		

Punto de equilibrio			72	
Punto de equilibrio ingreso			$ 128.487	
Punto de equilibrio por producto	**54**	**4**	**2**	**11**

Nota: Elaboración propia. Basado en los costos directos e indirectos calculados anteriormente.

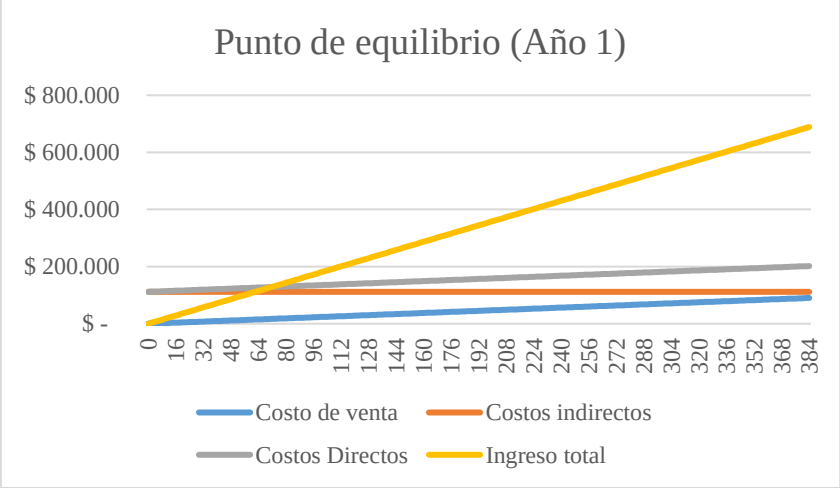
Para tener un punto de equilibrio se deben vender mínimo 72 unidades para el año 1, con 54 unidades de lechuga, 4 unidades de ajo, 2 unidades de espinaca y 11 unidades de fresas.

6.7.2 Punto de equilibrio método gráfico

Para este análisis se determina el ingreso total desde 0 unidades hasta 384 unidades, teniendo en cuenta los costos de venta, costos directos e indirectos:

Figura 43

Punto de equilibrio - Análisis gráfico



Nota: Elaboración propia. Basado en los costos directos e indirectos calculados anteriormente.

7 MANUAL DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO PARA POLICULTIVO

El desarrollo de este proyecto lleva a la elaboración de un manual básico de policultivo en sistemas hidropónicos, que compila la información más relevante y la presenta de manera clara. Dicho manual está dirigido a familias, amas de casa, trabajadores independientes, jóvenes y a todas las personas y a toda la comunidad que cuente con un espacio dentro de sus hogares como patio terrazas, solares y que esté interesada en implementar allí un sistema hidropónico para el cultivo de hortalizas como la lechuga y la espinaca, frutas como la fresa y flores como la lavanda y algunas rosas.

Figura 44

Portada del manual básico de policultivo en sistema hidropónico



Fuente: Elaboración propia

Resultado de esta monografía y del proceso desarrollado durante su realización, se logra crear un manual básico e introductorio a la técnica de cultivo hidropónico. El manual se titula “Guía para aprender los fundamentos básicos de la hidroponía en casa” y se trata de una guía para aprender los fundamentos básicos de la hidroponía en casa, detallando las generalidades de la hidroponía como: ¿qué es la hidroponía?, tipos de sistemas hidropónicos, componentes, diseño de la estructura, proceso de fabricación del sistema y materiales necesarios, métodos de cultivos, mantenimiento del sistema y sugerencias o recomendaciones.

Además, busca incentivar a las comunidades más vulnerables o de interés a optar por este sistema como una alternativa sostenible, productiva y que protege la seguridad alimentaria, brindando soluciones innovadoras y sostenibles a la comunidad.

Se inicia con la definición de hidroponía como técnica de cultivo urbano, los tipos de sistemas hidropónicos y algunas de sus ventajas. Posteriormente, se detalla que tipo de plantas se pueden cultivar en este tipo de sistemas y como deben llevarse a cabo las actividades de riego de las plantas y el cuidado del sistema.

En la segunda parte, se dan algunas pautas y se presentan algunos factores a tener en cuenta a la hora de diseñar un sistema hidropónico para el hogar y se enseña la propuesta que se ha diseñado, para su implementación por aquellas personas que quieran utilizar estos sistemas en sus hogares. Se presenta el diseño de una estructura hidropónica vertical y triangular, la cual funciona con un método mixto incorporando los métodos de hidroponía NFT con el método de raíz flotante. Dicha estructura está diseñada para adaptarse a un espacio de 1.8 metros de alto por 2 metros de largo y 60 cm de ancho. De acuerdo con los

resultados obtenidos se trata de una estructura de fácilmente adaptable a las diferentes condiciones de los usuarios de fácil manejo y mantenimiento y altamente eficiente.

A continuación, se especifica el procedimiento de fabricación, implementación y operación del sistema hidropónico diseñado. Para ello se presenta una tabla que contiene el listado de piezas necesarias para la fabricación del sistema hidropónico vertical; en ella se detallan la cantidad y las medidas de cada pieza necesaria; luego se presenta una tabla con la descripción de las herramientas necesarias para la fabricación y se mencionan los insumos que se utilizaran durante el proceso de fabricación del sistema.

Conociendo las piezas necesarias, se describen las principales tareas involucradas en el procedimiento de fabricación del sistema hidropónico; se inicia con el proceso de corte y perforación de los tubos de cultivo, el corte y alistamiento de los parales y las piezas de madera o guadua, el corte y ensamblaje del sistema hidráulico y el perforado de los tapones de desagüe. Una vez que se tengan las piezas cortadas se describe el procedimiento de ensamblaje de la estructura hasta obtener el sistema hidropónico vertical armado y listo para su operación.

Un componente muy importante para la operación del sistema son las celdas de cultivo o la pieza que servirá de soporte para el crecimiento de las plantas y es la pieza en la que se insertara cada planta dentro del tubo de cultivo. El mercado ofrece esta pieza a la venta, pero su costo es elevado por ello en la guía se describe el procedimiento para fabricar estas con vasos desechables y hacer la implementación de este tipo de sistemas más económico.

Llegados a este punto, los usuarios están en la capacidad de iniciar la operación del sistema hidropónico vertical pero antes de poner en marcha el sistema es necesario realizar una prueba piloto para detectar alguna anomalía en el sistema, corregirla a tiempo realizar el cultivo de las plantas e iniciar con una correcta operación del sistema.

Figura 45

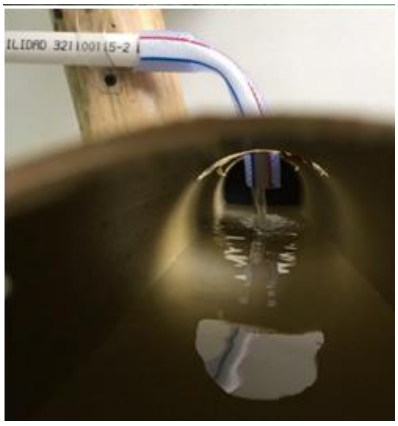
Tanque de almacenamiento de solución nutritiva



Fuente: Elaboración propia

Figura 46

Vista interior de un tubo de cultivo



Fuente: Elaboración propia

Figura 47

Sistema hidropónico vertical ensamblado



Fuente: Elaboración propia

Una vez se inicie la operación el sistema requiere cierto mantenimiento preventivo para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y el óptimo desarrollo de las plantas, por ello la guía nos describe las principales actividades de mantenimiento que el usuario deberá realizar periódicamente para avalar el adecuado funcionamiento de su sistema hidropónico.

Cabe resaltar que este tipo de sistemas son altamente innovadores, pueden fabricarse con materiales reciclados, para su funcionamiento puede implementarse sistemas de control que monitoreen la solución nutritiva, el crecimiento y desarrollo de las plantas y como fuente de energía puede adaptarse un sistema fotovoltaico o de paneles solares, son

sistemas altamente adaptables y se pueden optimizar y perfeccionar según las necesidades y condiciones del usuario.

Figura 48

Sistema hidropónico vertical en operación



Fuente: Elaboración propia

Figura 49

Plántula de lechuga verde crespa en celda de cultivo



Fuente: Elaboración propia

Figura 50

Plántula de espinaca en espuma agrícola



Fuente: Elaboración propia

Figura 51

Plántula de ají en celda de cultivo artesanal



Fuente: Elaboración propia

Figura 52

Plántulas de lechuga romana



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el manual presenta algunas sugerencias y recomendaciones para los usuarios y un listado de referencias donde quienes estén interesados en este tipo de sistemas puedan investigar y ampliar sus conocimientos.

8 SOCIALIZACIÓN

Una vez se terminó la elaboración del sistema se inicia la búsqueda de un lugar apropiado para socializar el resultado de este proyecto, se realizan charlas con diferentes entidades como bibliotecas, colegios, juntas de acción comunal entre otras entidades cuyas actividades tenían cierta relación con la temática del proyecto, la agricultura urbana y los cultivos en sistemas hidropónicos. Teniendo en cuenta lo anterior y con la finalidad de llegar a un mayor número de personas, la propuesta y el manual obtenido durante esta monografía fue compartido con la unidad ambiental de la Alcaldía Local de Usme para su divulgación mediante el proyecto ULATA o iniciativa de huertas urbanas y se socializó mediante una sesión en la plataforma Meet, para la convocatoria a la socialización se diseñó la siguiente pieza gráfica:

Figura 53

Invitación socialización



Fuente: Elaboración propia

La sesión transcurrió con normalidad; los asistentes se mostraron interesados en la temática algunos dados sus antecedentes conocían un poco del tema, recibimos comentarios positivos, junto con la alcaldía y la entidad se espera poder seguir llevando este manual a más personas y divulgar este conocimiento, fomentando la implementación de la hidroponía en las casas como fuente de sustento y mejoramiento de la calidad de vida de las personas.

Se logró el objetivo establecido para la socialización, ya que como equipo, se quería dar a conocer esta propuesta a una gran cantidad de personas y entregar el manual a usuarios que realmente lo utilizarán, lo compartirán y lo aprovecharán de la mejor manera, algunos de los presentes dejaron sus comentarios y expresaron sus opiniones sobre la

presentación y la temática y en resumen la opinión generalizada delos asistentes fue que este tipo de proyectos son novedosos en nuestro país y en la ciudad y que dadas las circunstancias por las que se atraviesa actualmente es una gran alternativa para desarrollar en el hogar contribuir al bienestar tanto físico como mental y convertir la implementación, la operación y el mantenimiento de cultivos hidropónicos en el hogar como una actividad para toda la familia en la que tanto niños como adultos puedan participar.

Finalmente, vía correo electrónico se hace llegar a cada uno de los asistentes una copia del manual para que puedan utilizarlo como una herramienta en la elaboración de sistemas hidropónicos en sus hogares.

Las evidencias de la socialización, junto con el listado de asistencia podrán encontrarlos en el Anexo D “Evidencias de socialización del manual de hidroponía”.

9 CONCLUSIONES

- En la actualidad la sociedad enfrente diferentes problemáticas debido al crecimiento poblacional el cambio climático las economías fluctuantes y la acumulación de los residuos sólidos, se logra demostrar que los sistemas de cultivo hidropónico son alternativas altamente innovadoras las cuales contribuyen a la generación de alimentos saludables la preservación del medioambiente y el mejoramiento de la calidad de vida de las personas
- Al realizar el estudio técnico para un sistema de policultivo hidropónico adaptable a zonas urbanas de la ciudad de Bogotá D.C. se presenta el sistema hidropónico vertical de método mixto como in sistema fácilmente adaptable a zonas urbanas en

la ciudad de Bogotá, con una operación y mantenimiento muy sencilla y unos sistemas que se adaptan fácilmente a las necesidades de los usuarios.

- Con la implementación de un sistema hidropónico en un hogar en la ciudad de Bogotá la familia obtendrá alimentos de alta calidad y estará en la capacidad de autoabastecerse sembrando periódicamente y de manera escalonada, además de generar un ahorro podrá convertir esta innovación en una fuente de ingresos ara su hogar,
- La guía para aprender los fundamentos básicos de la hidroponía en casa es una herramienta didáctica que permite a los usuarios instruirse en los principios primordiales de la hidroponía y que enseña a los usuarios a implementar y poner en operación un sistema de policultivo hidropónico vertical de método mixto con una capacidad de producción de 50 plantas como lechuga, fresa, espinaca y ajo.
- Para el funcionamiento óptimo de este sistema en casa, mensualmente se requieren mínimo 168 litros de agua y energía eléctrica por 1,75 horas durante todo el día, que es el tiempo que se debe encender el motor, para la producción de 50 plantas.
- La implementación de este tipo de sistema no genera daños irreversibles o significativos al medio ambiente. Por el contrario, ayuda con el cuidado de este, ya que reduce de manera considerable el consumo de agua (de más del 80%) en comparación con los cultivos de tierra, ocupa poco espacio, genera alimentos sanos y hay menor consumo de energía eléctrica.
- El sistema hidropónico de policultivos en casa con los productos lechuga, fresa, ajo y espinaca permite la recuperación de la inversión en 2 años, cumpliendo con las ventas mínimas determinadas en el estudio financiero.

- En este tipo de sistemas, las lechugas son el alimento más beneficiosos y rentables de los productos trabajados, esto debido a su rápido ciclo de producción (de 40 a 45 días), fácil adaptación al medio (incluso cuando su pH llega a ser menor del permitido) y el alto costo que tiene en la canasta familiar. Por otro lado, la acelga tiene poca resistencia a cualquier alteración en el sistema.
- En el sistema hidropónico de policultivos en casa, se requieren entre 40 a 45 días para la producción de lechugas; 60 días para las espinacas; 90 días para los ajos; y el alimento que requiere más tiempo es la fresa con 150 días.
- Para el montaje inicial del sistema hidropónico se necesita una inversión inicial de aproximadamente de $ 821.503, teniendo en cuenta que una vez se tiene la estructura solamente se invertiría en la compra de semillas y nutrientes.

10 RECOMENDACIONES

- Se recomienda para la construcción del sistema, utilizar la mayor cantidad de elementos reciclables y/o reutilizables.
- Se recomienda lavar muy bien las plantas después de su periodo de germinación en tierra y pasarlas al sistema hidropónico.
- Se recomienda cultivar una mayor cantidad de lechugas, por su corto ciclo de producción y su resistencia a las variaciones del medio.
- Se recomienda diseñar la estructura y realizar el montaje del sistema, teniendo en cuenta con las cantidades y valores indicados por los autores.
- Se recomienda medir el pH y nivel de electro conductividad 3 veces por semana para evitar variaciones extremas o prejudiciales para las plantas.

- Se recomienda realizar el mantenimiento, cambio de agua y limpieza del sistema cada 15 días.
- Se plantea a los usuarios la investigación de nuevas tendencias tecnológicas en el campo de la hidroponía y optar por sistemas fotovoltaicos para el abastecimiento energético de sus sistemas y considerar la implementación de sistemas de control automatizados para el monitoreo y mantenimiento de sus sistemas hidropónicos.

BIBLIOGRAFÍA

ADÁN, F. S. (2014). *ECODISEÑO - Un nuevo concepto en el desarrollo de productos.* La Rioja: Universidad de La Rioja. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/334814.pdf

AGRICULTURES RED DE ESPECIALISTAS EN AGRICULTURA. (23 de Febrero de 2015). *¿Qué es la Aeroponía?* Obtenido de https://agriculturers.com/que-es-la-aeroponia/

Agroptima. (18 de Marzo de 2016). *Permacultura, ¿Qué es y cómo funciona?* Obtenido de https://www.agroptima.com/es/blog/permacultura-que-es-y-como-funciona/

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. (2018). *LOCALIDAD USME - Consejo Local de Gestión del Riesgo y Cambio Climático.* Bogotá: ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ. Obtenido de https://www.idiger.gov.co/documents/220605/232445/Identificaci%C3%B3n+y+Priorizaci%C3%B3n+.pdf/3297214a-9582-49d4-8c69-f83c7d8ce46b

ANDI, A. N. (2015). *Estrategia para una nueva industrialización.* Bogotá D.C.: Bruce Mac Master, Imenlda Restrepo. Obtenido de https://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20para%20una%20nueva%20industrializacion.pdf

Aquino, M. A. (2014). *MANUAL DE HIDROPONIA.* Distrito Federal: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

Araujo, E. (2014). *CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA ASOCIACIÓN ROTACIÓN DE POLICULTIVOS DE MAÍZ Y HORTALIZAS EN LAPARROQUIA SAN JOAQUÍN DE LA PROVINCIA DEL AZUAY. PARROQUIA SAN JOAQUÍN DE LA PROVINCIA DEL AZUAY.* Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7219/1/UPS-CT004086.pdf

ARÁUZ, D. A. (13 de MAyo de 2020). *Universidad de Costa Rica.* Obtenido de Huertas Urbanas: Autoabastecimiento durante la pandemia por el COVID-19: https://www.ucr.ac.cr/noticias/2020/05/13/huertas-urbanas-autoabastecimiento-durante-la-pandemia-por-el-covid-19.html

BANCO MUNDIAL. (08 de 04 de 2022). *Banco Mundial ORG*. Obtenido de Cambio Climático: https://www.bancomundial.org/es/topic/climatechange/overview

BELTRANO, J., & GIMENEZ, D. O. (2015). *Cultivo en Hidroponía.* La Plata - Argentina: edulp - editorial de la universidad de la plata. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Benavides, H. (29 de Julio de 2021). *Cultivos hidropónicos garantizarían seguridad alimentaria*. Obtenido de https://www.virtualpro.co/noticias/cultivos-hidroponicos-garantizarian-seguridad-alimentaria

benihort. (22 de Mayo de 2020). *Verduras hidropónicas: cultivos sanos y sin tierra*. Obtenido de https://benihort.com/blog/verduras-hidroponicas-cultivos-sanos-y-sin-tierra

Bogotá, C. d. (2020). *Perfiles de las localidades de Bogotá.* Bogotá: Cámara de Comercio de Bogotá. Obtenido de https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/25980/23%2010%202020%20Perfil%20de%20las%20localidades%20de%20Bogot%C3%A1%20VF.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Burba, L. (2019). *Recomendaciones prácticas para el cultivo de ajos.* Mendoza: INTA EEA Santa Cruz. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-cit_cultivo_de_ajos.pdf

Calderón, F. (2003). *EL CULTIVO HIDROPONICO DE FRESAS FINCA FRESAS SANTAMARIA MUNICIPIO DE SUESCA CUNDINAMARCA.* Bogotá: Universidad Nacional. Obtenido de http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Cultivo_Hidroponico_de_Fresas/Cultivo_Hidroponico_de_Fresas_Cap_1.htm

Castrillon, D., & Duque, F. (2019). *ESTUDIO DE VIABILIDAD FINANCIERA DE LOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS EN EL ORIENTE ANTIOQUEÑO.* Envigado: UNIVERSIDAD EIA.

CETINA, G. A., & GONZÁLEZ, P. A. (2018). *ANÁLISIS TÉCNICO FINANCIERO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS DE LECHUGA HIDROPÓNICA PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN INVERNADEROS, EDIFICACIONES, Y TERRAZAS EN BOGOTÁ Y SUS CERCANÍAS.* Bogotá: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.

CONPES. (2018). *ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) EN COLOMBIA.* Bogotá: DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Obtenido de https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3918.pdf

CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL, R. D. (2016). *DOCUMENTO CONPES 3874, POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.* Bogotá D.C. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/conpes-3874-de-2016.pdf

Córdoba, M. (2011). *Formulación y evaluación de proyectos.* Bogotá: Digiprint Editores E.U.

DANE. (2019). *Boletin mayorista semanal 2019*. Obtenido de https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/sistema-de-informacion-de-precios-sipsa/mayoristas-boletin-semanal-1/boletin-mayorista-semanal-2019

DANE. (11 de Mayo de 2022). *Boletin mayorista semanal*. Obtenido de https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/sistema-de-informacion-de-precios-sipsa/mayoristas-boletin-semanal-1/boletin-mayorista-semanal-2022

Diaz, A., & Luna, C. (2021). *DISEÑO DE UNA HUERTA URBANA SOSTENIBLE QUE INCENTIVE LA AUTOGESTIÓN ALIMENTARIA DE LAS FAMILIAS VINCULADAS AL CENTRO SOCIAL UNIDAD, BARRIO LA MERCED SUR, BOGOTÁ D.C.* Bogotá: Universidad El Bosque. Obtenido de https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/7080/Diaz_Rangel_Angie_Lorena_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. (2021). *Cadena de la Fresa.* Bogotá: Minagricultura. Obtenido de https://sioc.minagricultura.gov.co/Fresa/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf

eCA eCOMERCIO AGRARIO. (27 de Agosto de 2019). *Uso eficiente del agua a través de la hidroponía*. Obtenido de https://ecomercioagrario.com/uso-eficiente-del-agua-a-traves-de-la-hidroponia/

EcoInventos. (26 de Mayo de 2022). *6 usos del ajo en el huerto o jardín*. Obtenido de https://ecoinventos.com/usos-del-ajo-en-el-huerto/

EL TIEMPO. (2020). *ALELOPATÍA: LA QUÍMICA VEGETAL*. Obtenido de https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-106524#:~:text=La%20alelopat%C3%ADa%2C%20conocida%20entre%20los,rechazos%20a%20plagas%20y%20enfermedades.

Endinova. (2020). *CULTIVOS HIDROPÓNICOS*. Obtenido de https://endinava.com/hidroponia/

enel X. (Noviembre de 2021). *¿En qué consiste la economía circular y cuál es la apuesta de Enel?* Obtenido de https://www.enelx.com/co/es/historias/en-que-consiste-la-economia-circular

FAO, F. D. (2009). *La Agricultura mundial En La Perspectiva Del Año 2050.* Roma - Italia: Secretaría del Foro de Alto Nivel de Expertos. Obtenido de https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf

FAO, F. O. (2019). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019, Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía.* ROMA: FAO. Obtenido de https://www.fao.org/3/ca5162es/ca5162es.pdf

Forero, R., Parra, H., Luna, R., & Rivera, E. (2011). *Agricultura urbana: Sistemas de implementación de cultivos hidropónicos.* Bogotá : Universidad de América.

Franco, F. (Mayo de 2010). *SAN JOSE DEL PALMAR TIERRA SAN JOSE DEL PALMAR TIERRA* . Obtenido de Simposio Internacional de Agroecología: https://www.uniamazonia.edu.co/documentos/docs/Programas%20Academicos/Ingenieria%20Agroecologica/Memorias/I%20Simposio%20Internacional%20de%20Agroecologia/SAN%20JOSE%20DEL%20PALMAR%20TIERRA%20DE%20POLICULTIVOS.pdf

GALVIZ, G. A., & RINCÓN, P. A. (2018). *Análisis Técnico Financiero De Sistemas Productivos De Lechuga Hidropónica Para Su Implementación En Invernaderos, Edificaciones, Y Terrazas En Bogotá Y Sus Cercanías.* Bogotá: Proyecto de trabajo de grado para obtener el título de ingeniero industrial. Obtenido de https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/8010/AN%c3%81LISIS-T%c3%89CNICO-FINANCIERO-PARA-SISTEMAS-PRODUCTIVOS-DE-LECHUGA-HIDROP%c3%93NICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Garzón, Y. (2020). *Los cultivos Hidropónicos como muestra de cultivos con un interés social.* Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Obtenido de https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/39042/ymgarzonq.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GENERACIÓN verde. (8 de Abril de 2017). *Tipos de sistemas hidropónicos para cultivar*. Obtenido de https://generacionverde.com/blog/hidroponia/tipos-de-sistemas-hidroponicos/

GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, M. D. (2019). *Estrategia Nacional de Economía Circular.* Bogotá D.C.: El futuro es de todos. Obtenido de https://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconA%CC%83%C2%B3mia%20Circular-2019%20Final.pdf_637176135049017259.pdf

Gómez, M. (2001). *Proyecto de inversion para la instalacion de un gimnasio en el Municipio de Tultitlan.* México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Google Maps. (2022). *Google Maps*. Obtenido de https://www.google.com/maps/place/4%C2%B028'15.7%22N+74%C2%B007'28.9%22W/@4.4708295,-74.1246654,19z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x6574de0bbc9cf514!8m2!3d4.4710326!4d-74.1246796?hl=es

Google Trends. (2022). *Google Trends*. Obtenido de https://trends.google.es/trends/?geo=CO

Gordo, A. (2017). *Desarrollo e implementación de un Invernadero automatizado con cultivo hidropónico y aplicación móvil para el seguimiento de datos.* Sevilla: Universidad de Sevilla. Obtenido de https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/68443/TFG%20Alvaro%20Domingo%20Gordo%20Ru%C3%ADz.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HIDROPONIAROSARIO. (10 de Abril de 2021). *HIDROPONIAROSARIO*. Obtenido de https://www.hidroponiarosario.com/la-hidroponia-como-una-perfecta-solucion-para-lugares-inhospitos-o-con-condiciones-poco-favorables-para-los-cultivos-tradicionales/

IBERDROLA. (2022). *Hidroponía, una técnica de cultivo aliada de la sostenibilidad* . Obtenido de https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-hidroponia-y-ventajas

Inca, S. (2013). *AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA NFT PARA CULTIVOS HIDROPÓNICOS.* Lima: UNIVERSIDAD RICARDO PALMA.

INCAP. (2006). *ECOTECNOLOGIAS PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL.* Centroamérica: INCAP.

INCAP. (2017). *AMORTIZACIONES, DEPRECIACIONES Y PROVISIONES.* Santiago de Chile: Universidad Tecnológica de Chile - INACAP. Obtenido de http://www.inacap.cl/web/material-apoyo-cedem/alumno/Contabilidad/Contabilidad-Basica%20CCCB01/CCPR03_U5_MP2.pdf

Infroagro. (29 de Octubre de 2018). *La importancia de cultivar en hidroponia*. Obtenido de https://mexico.infoagro.com/la-importancia-de-cultivar-en-hidroponia/

INGAGROF. (2018). *Evolución del sector agropecuario*. Obtenido de https://ingagrof.com.co/evolucion-del-sector-agropecuario/#:~:text=Colombia%2C%20al%20igual%20que%20la,volc%C3%B3%20al%20cultivo%20del%20caf%C3%A9.

Instituto de Estudios Urbanos - IEU. (23 de Noviembre de 2020). *Sembrar para construir ciudad: las potencialidades de la agricultura urbana en Bogotá*. Obtenido de http://ieu.unal.edu.co/medios/noticias-del-ieu/item/sembrar-para-construir-ciudad-las-potencialidades-de-la-agricultura-urbana-en-bogota

Linares, L., & Melo, L. (2015). *Evaluación de la huella hídrica del cultivo de fresa en una finca del municipio de Sibaté, Cundinamarca.* Bogotá: Universidad de La Salle. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1311&context=ing_ambiental_sanitaria

LÜBBERT CARMONA, J. P. (2016). *Análisis, Diseño Y Construcción De Un Sistema Hidropónico Automatizado Para Autoconsumo De Vegetales Y Plantas Ornamentales.* Santiago de Chile - Chile: Memoria Para Optar Al Título De

Ingeniero Civil Industrial. Obtenido de https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140623/Analisis-diseno-y-construccion-de-un-sistema-hidroponico-automatizado-para-autoconsumo-de-vegetales.pdf?sequence=1

Marín, J. C., & Garibello, K. (2021). *Propuesta de un sistema de apr opuesta de un sistema de aprovechamient echamiento de aguas lluvias con aplicación a un cultivo hidropónico en una vivienda urbana.* Bogotá: Universidad de La Salle .

MARULANDA, C., & IZQUIERDO, J. (2013). *La Huerta Hidroponica Popular.* Santiago - Chile: FAO. Obtenido de https://www.fao.org/3/ah501s/ah501s.pdf

Merchan, L. (2011). *EVALUACIÓN DEL RESIDUO LÍQUIDO LIXIVIADO DE UN CULTIVO DE CHRYSANTHEMUM SP. EN SUSTRATO DE CASCARILLA DE ARROZ QUEMADA.* Bogotá : UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.

MINCIT. (2019). *Estrategia Nacional de Economía Circular.* Bogotá: Minambiente. Obtenido de https://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconA%CC%83%C2%B3mia%20Circular-2019%20Final.pdf_637176135049017259.pdf

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. (2015). *SECTOR HORTÍCOLA COLOMBIANO – 2015.* Bogotá: MINAGRICULTURA. Obtenido de https://sioc.minagricultura.gov.co/Hortalizas/Documentos/2015-07-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf

NACIONES UNIDAS, L. C. (2020). *Global Humanitarian Response Plan COVID-19.* Ginebra, Suiza: OCHA Geneva. Obtenido de https://www.unocha.org/sites/unocha/files/Global-Humanitarian-Response-Plan-COVID-19.pdf

Oasis GROWER SOLUTIONS. (2019). México: EASY PLANT SUSTRATOS HIDROPÓNICOS.

PADILLA, M. C. (2011). Formulación y Evaluación de Proyectos. En M. C. Padilla, *Formulación y Evaluación de Proyectos* (pág. 362). Bogotá D.C.: Digiprint Editores E.U.

PADILLA, M. C. (2011). *Formulación y Evaluación de Proyectos.* Bogotá D.C.: Digiprint Editores E.U.

Pastrán, A. (17 de Agosto de 2021). *Minagricultura - Producto Interno Bruto de Colombia creció 17,6% en el segundo trimestre de 2021*. Obtenido de https://www.larepublica.co/economia/producto-interno-bruto-de-colombia-crecio-17-6-en-el-segundo-trimestre-de-2021-3218221

PELÁEZ, S. M., & OJEDA, K. M. (2020). *Desarrollo De Un Sistema Acuapónico Para La Generación De Alternativas De Autoconsumo O Comunales A Bajo Costo.* Bogotá

D.C.: Monografia para optar por el titulo de ingeniero de producción. Obtenido de https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/24796/CardonaKarenAponteSandra2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Peña, J. (2020). *PLAN AMBIENTAL LOCAL DE USME 2017-2020.* Bogotá: ALCALDÍA LOCAL DE USME. Obtenido de https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T_NORMA_ARCHIVO&p_NORMFIL_ID=9990&f_NORMFIL_FILE=X&inputfileext=NORMFIL_FILENAME

PORTAFOLIO. (08 de Abril de 2022). *A qué se debe el incremento en las facturas del agua y la luz*. Obtenido de https://www.portafolio.co/economia/finanzas/dane-sobre-el-costo-del-agua-y-la-electricidad-por-que-subieron-tanto-563864

Sánchez Rosa, T. (2012). *Propuesta de un Modelo de Gestión Tecnológica para la Producción de Alimentos Hidropónicos caso: Ejido Tulyehualco, D.F.* México : INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL.

Suárez, D. (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.* Bogotá : Universidad de La Salle.

TIENDA ONLINE DE ARTÍCULOS PARA HIDROPONIA. (2022). *TIENDA ONLINE DE ARTÍCULOS PARA HIDROPONIA*. Obtenido de Regulación de pH: http://hidroponia.info/regulacion-de-ph/

TIERRA COLOMBIANA. (2019). *Localidades de Bogota*. Obtenido de https://tierracolombiana.org/localidades-de-bogota/

Trujillo, R. (2012). *DINÁMICA DE LA CONSTRUCCIÓN POR USOS - LOCALIDAD USME*. Obtenido de https://www.catastrobogota.gov.co/sites/default/files/archivos/usme.pdf

Tu INTERFAZ de negocios. (Diciembre de 2014). *Semillas transgénicas*. Obtenido de https://tuinterfaz.mx/articulos/21/158/semillas-transgenicas/

UNIBA (Centro Universitario Internacional de Barcelona). (23 de Marzo de 2018). *ECO-SOSTENIBLE*. Obtenido de https://www.unibarcelona.com/int/actualidad/noticias/eco-sostenible

Unidas, N. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Objetivo 2: Poner fin al hambre - Hambre Cero: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/

Universidad de los Andes. (19 de Noviembre de 2019). *CASI EL 60 % DE LA BASURA DIARIA DE BOGOTÁ ES DESECHO PLÁSTICO*. Obtenido de https://derecho.uniandes.edu.co/es/informe-situacion-actual-de-los-plasticos-en-colombia#:~:text=%E2%80%9CDe%20ese%20total%20de%20basura,G%C3%B3mez%2C%20directora%20de%20Greenpeace%20Colombia.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. (28 de Julio de 2021). *Cultivos hidropónicos garantizarían seguridad alimentaria* . Obtenido de http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/cultivos-hidroponicos-garantizarian-seguridad-alimentaria

Urrego, A. (12 de Marzo de 2021). *LOS OBSTÁCULOS DE IMPLEMENTAR SISTEMAS DE CULTIVOS HIDROPÓNICOS EN COLOMBIA*. Obtenido de https://www.agronegocios.co/agricultura/los-obstaculos-de-implementar-sistemas-de-cultivos-hidroponicos-en-colombia-3137958

ANEXOS

Anexo A

Diagrama de proceso

ENTRADAS	PROCESO	SALIDAS	ASPECTO AMBIENTAL
	Obtención de insumos y materias primas		
Tubo de cultivo, tapón Sanitario perforado, tapón sanitario no perforado, tubo de drenaje, codo de PVC, T de PVC, válvula de bola PVC, tubo PVC de media pulgada, guadua, tablas para ensamble, manguera ¾ de pulgada.	1. Compra de insumos y materias primas	Plásticos, icopor, bolsas, cajas cartón, papel	Generación de residuos sólidos aprovechables Generación de residuos sólidos no aprovechables
Madera, botellas plásticas	2. Acopio de materiales reciclables	Plásticos, madera	Generación de residuos sólidos aprovechables
	Alistamiento de MP		
Metro, segueta, taladro, broca, energía eléctrica	3. Medición y corte de piezas	Viruta, PM10, uso de energía eléctrica, ruido	Generación de residuos sólidos no aprovechables Generación de residuos sólidos aprovechables Emisión de PM10 Consumo de energía eléctrica Generación de ruido
Lija, agua, jabón, desinfectante, trapo y estopas	4. Lijado y limpieza de piezas	Lija usada, PM10, envases y empaques de jabones y desinfectantes, uso de agua, agua residual, trapos y estopas usados	Generación de residuos sólidos no aprovechables Generación de residuos sólidos aprovechables Consumo de agua Vertimientos Emisión de PM10
Pintura, brochas, laca, agua	5. Pintado de piezas	Uso de agua, brochas usadas, vapores, olores, agua residual	Generación de residuos sólidos no aprovechables Consumo de agua Generación de olores ofensivos Vertimientos
	Ensamblaje e instalación		
Tornillos, puntillas, cinta aislante, martillo, destornillador, pegamento PVC, limpiador de PVC, trapo	6. Unión y adhesión de piezas	Trapos usados, vapores, ruido	Generación de residuos sólidos no aprovechables Generación de olores ofensivos Generación de ruido
Metro, nivel, destornillador, martillo	7. Ajuste del sistema	Ruido	Generación de ruido

	Elaboración del semillero		
Tierra, abonos, agua, espuma agrícola, bandejas de germinación	8. Alistamiento del medio del cultivo o sustrato	Uso de agua, empaques, envases, cartón, plástico	Consumo de agua Generación de residuos sólidos aprovechables Generación de residuos sólidos no aprovechables Vertimientos
Semillas, agua	9. Plantación de las semillas	Empaques, uso de agua	Generación de residuos sólidos no aprovechables Consumo de agua Vertimientos
Pala de cosecha, recipiente plástico, bolsas	10. Cosecha de plántulas	Malezas, tierra, sustrato usado, mosca blanca	Generación de residuos sólidos aprovechables Generación de residuos sólidos no aprovechables Proliferación de vectores
	Preparación de la solución nutritiva		
Agua, tanque de almacenamiento, valdes	11. Llenado del tanque	Uso de agua	Consumo de agua Vertimientos
Nutrientes, recipiente de dosificación, jeringa, agua	12. Adición de macro y micronutrientes	Uso de agua, jeringa usada, envases, empaques, plástico, olores	Generación de residuos sólidos aprovechables Generación de residuos sólidos no aprovechables Consumo de agua Vertimientos Generación de olores ofensivos
Regulador de pH + (base) y pH - (ácido), pH-metro, medidor de electro conductividad, jeringa para dosificación, pilas	13. Ajuste de pH y electro conductividad	Envases, jeringa usada, cartón, plástico, pilas usadas	Generación de residuos sólidos no aprovechables Generación de residuos sólidos aprovechables Generación de residuos de posconsumo (pilas)
	Cultivo y puesta en marcha del sistema		
Agua, cápsulas de cultivo, espuma agrícola	14. Siembra de plántulas	Uso de agua, cartón, plástico	Consumo de agua Vertimientos Generación de residuos sólidos no aprovechables Embellecimiento y aumento de la sensación de bienestar
Motor sumergible, temporizador eléctrico, energía eléctrica	15. Operación del sistema	Uso de energía eléctrica, ruido, cartón, empaques, RAEE	Consumo de energía eléctrica Consumo de servicios públicos Generación de ruido Generación de RAEE´s Generación de residuos sólidos no aprovechables Generación de residuos sólidos aprovechables Embellecimiento y aumento de la sensación de bienestar
Insecticida orgánico, pulverizador, agua, jeringa dosificadora	16. Fumigación	Envases de plaguicidas, jeringa usada, envases	Generación de RESPEL Generación de residuos sólidos aprovechables Generación de residuos sólidos no aprovechables Consumo de agua Vertimientos Generación de olores ofensivos

	Cosecha		
Guantes, canastas, tijeras de corte.	17. Cosecha de alimentos	Alimentos orgánicos, ramas, hojas	Generación de residuos sólidos aprovechables Generación de empleo Oferta de alimentos saludables para la comunidad Fomento de ideas innovadoras y prácticas sostenibles Embellecimiento y aumento de la sensación de bienestar
Agua, recipiente, empaques plásticos	18. Limpieza y empaquetado de alimentos	Uso de agua, vertimientos, empaques, ramas, hojas	Consumo de agua Vertimientos Generación de residuos sólidos aprovechables Generación de empleo Oferta de alimentos saludables para la comunidad Fomento de ideas innovadoras y prácticas sostenibles
	Monitoreo y mantenimiento del sistema		
pH-metro, medidor de electro conductividad, recipiente	19. Determinación de pH y electro conductividad	Pilas usadas	Generación de residuos de post consumo
Computadora, energía eléctrica	20. Toma y registro de datos	Información, uso de energía eléctrica, RAEE	Consumo de energía eléctrica Fomento de ideas innovadoras y practicas sostenibles Generación de RAEE´s
Tijeras	21. Poda de plantas	Residuos orgánicos de poda	Generación de residuos sólidos no aprovechables
Agua, nutrientes, regulador de pH	22. Rellenado y ajuste de solución nutritiva	Uso de agua, agua residual, envases, olores ofensivos	Consumo de agua Vertimientos Generación de residuos sólidos aprovechables Generación de residuos sólidos no aprovechables Generación de olores ofensivos

Nota: Elaboración propia.

Anexo B

Matriz simple

					MACROPROCESOS																							
FACTOR AMBIENTAL	RECURSO AFECTADO	COMPONENTE AMBIENTAL	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	TOTAL
Físico	Agua	Hidrosférico	Consumo de agua	Agotamiento de los recursos hídricos				X	X			X	X		X	X		X		X		X				X	10
			Vertimientos	Contaminación del agua				X	X			X	X		X	X		X		X		X				X	10
			Consumo de energía eléctrica	Agotamiento de los recursos hídricos			X												X					X			3
	Aire	Atmosférico	Emisión de PM10	Contaminación del aire			X	X																X			3
			Generación de ruido	Contaminación sonora			X			X	X								X								4
			Generación de olores ofensivos	Contaminación del aire					X	X						X				X						X	5
	Suelo	Geosférico	Generación de residuos sólidos aprovechables	Incentivo de economía circular / Aprovechamiento y extensión del ciclo de vida de productos	X	X	X	X				X		X		X	X		X	X		X				X	12
			Generación de residuos sólidos no aprovechables	Contaminación del suelo / Presión al relleno sanitario	X		X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X					X	X	15
			Generación de RESPEL	Contaminación del suelo																X							1
			Generación de residuos de posconsumo	Contaminación del suelo													X						X				2
			Generación de RAEE´s	Contaminación del suelo															X					X			2
Biológico	Vectores	Biótico	Proliferación de vectores	Transmisión de enfermedades e infecciones										X													1
Paisajístico	Paisaje	Perceptual	Aprovechamiento del espacio/ Embellecimiento y aumento de la sensación de bienestar /Mejoramiento de la percepción ambiental	Mejoramiento de las condiciones ambientales/ Purificación del aire														X	X		X						3
Social	Social	Socioeconómico	Generación de empleo	Mejoramiento de la calidad de vida																	X	X					2
			Consumo de servicios públicos	Agotamiento de los recursos naturales															X								1
		Sociocultural	Oferta de alimentos saludables para la comunidad	Mejoramiento de la calidad de vida																	X	X					2
			Fomento de ideas innovadoras y prácticas sostenibles	Concientización ambiental																	X	X					2
TOTAL					2	1	5	5	4	3	1	4	3	3	2	5	3	4	7	6	4	6	1	3	1	5	

Anexo C

Ecuaciones

Ecuación 2

Total unidades

$$Total\ unidades = Sumatoria\ unidades\ a\ vender\ anual$$

Ecuación 3

Porcentaje de participación

$$\%\ participación = \frac{Unidades\ a\ vender}{Total\ unidades}$$

Ecuación 4

Precio promedio ponderado (PPP)

$$PPP = Sumaproducto\ (precio\ promedio\ ponderado; \%\ de\ participación)$$

*= Matriz precio promedio ponderado * Matriz % de participación*

Ecuación 5

Costo promedio ponderado (CPP)

$$CPP = Sumaproducto\ (Costo\ venta\ unitario; \%\ de\ participación)$$

$$= \ Matriz\ precio\ promedio\ ponderado\ *\ Matriz\ \%\ de\ participación$$

Ecuación 6

Margen de contribución

$$MC = Precio\ venta\ unitario - Costo\ venta\ unitario$$

Ecuación 7

Margen de contribución ponderado

$$MC\ ponderado = Sumaproducto\ (Margen\ de\ contribución; \%\ de\ participación)$$
$$= Matriz\ Margen\ de\ contribución\ *\ Matriz\ \%\ de\ participación$$

Ecuación 8

Punto de equilibrio

$$PE = \frac{Costo\ indirecto\ anual}{Margen\ de\ contribución\ ponderado}$$

Ecuación 9

Punto de equilibrio ingreso

$$PE\ ingreso = PE * Precio\ promedio\ ponderado$$

Ecuación 10

Punto de equilibrio por producto

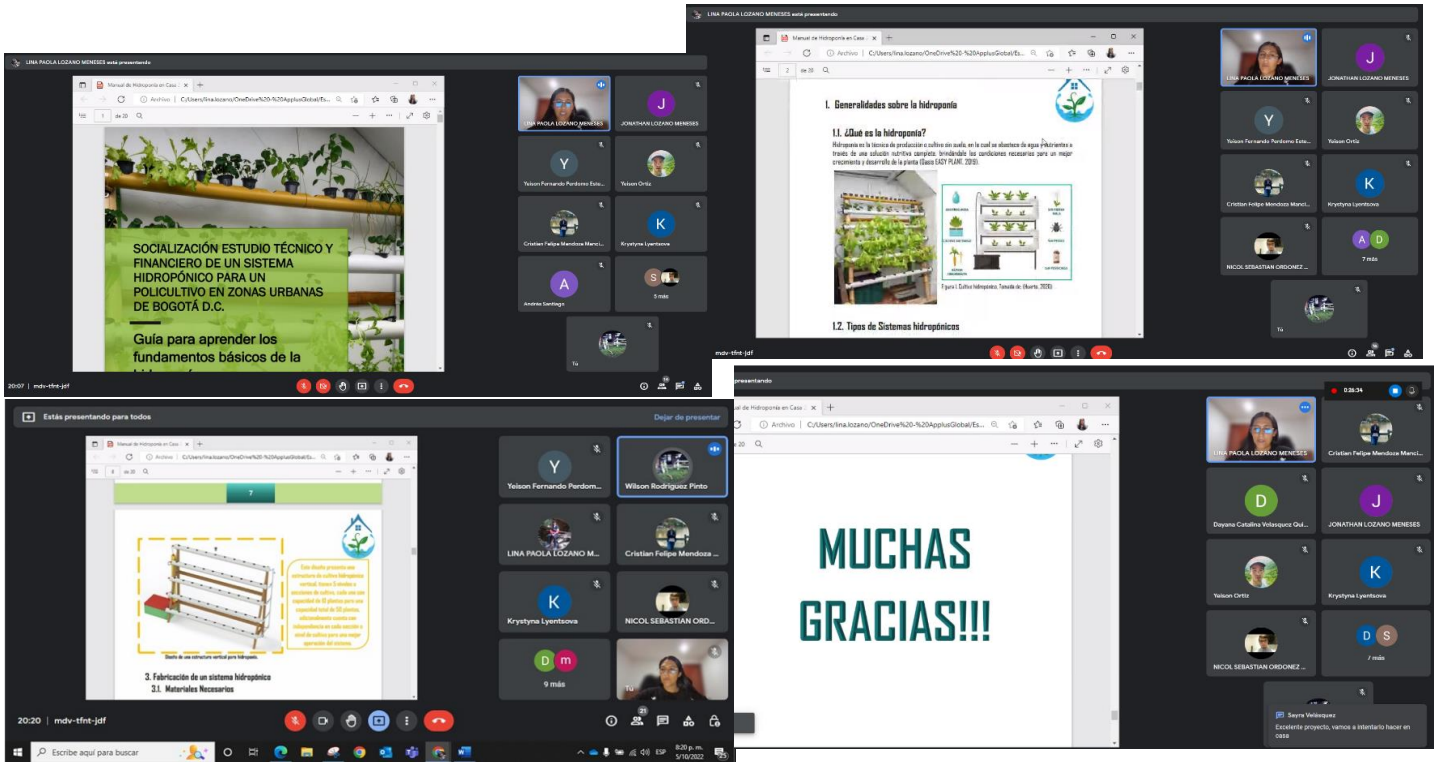
$$PE\ por\ producto = PE * \%\ de\ participación$$

Anexo D

Evidencias de socialización del manual de hidroponía

Figura 54

Socialización del manual



Fuente: Elaboración propia

Tabla 36

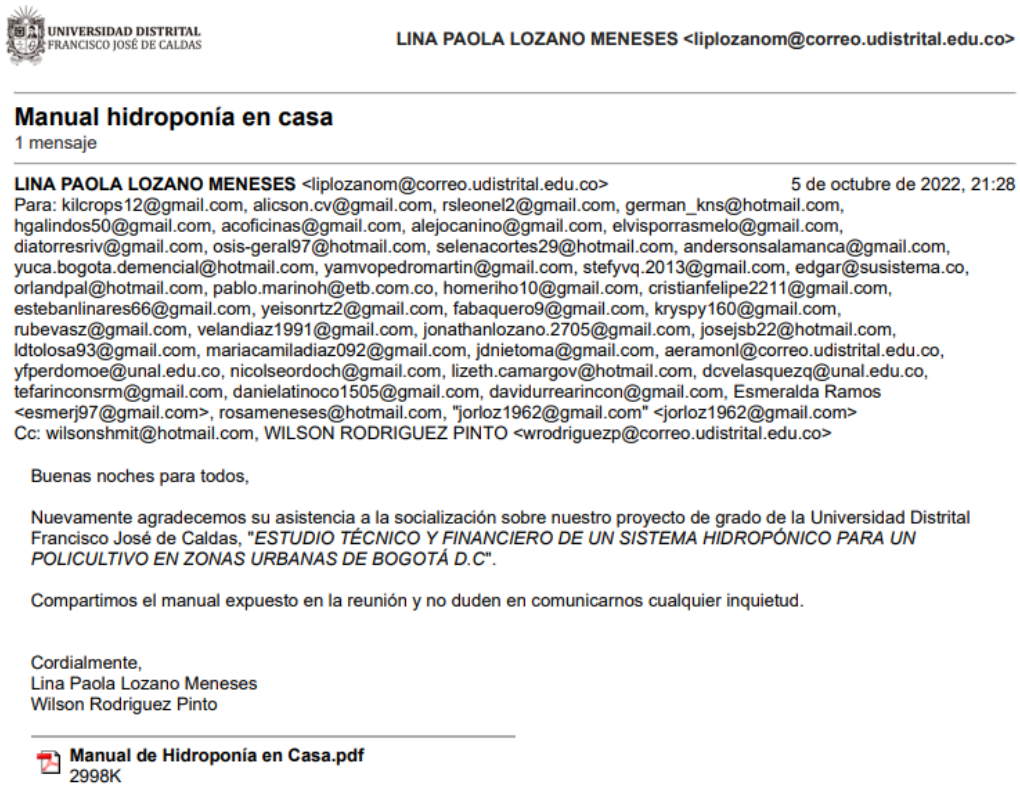
Listado de asistencia socialización

Nombre completo	Número de documento	Correo electrónico
William Andrés Hernández Restrepo	1023020929	kilcrops12@gmail.com
Alicson Castañeda vega	1023006508	alicson.cv@gmail.com
Leonel Real Sanchez	79909204	rsleonel2@gmail.com
Germán Alfredo Gutiérrez León	79816400	german_kns@hotmail.com
Helen Estefanny Galindo Santos	1026294446	hgalindos50@gmail.com
Oscar ivan alvarez	80722033	acoficinas@gmail.com
Dairon alejandro rojas umaña	1026560568	alejocanino@gmail.com
Elvis porras melo	1022925549	elvisporrasmelo@gmail.com
Diego Alejandro Torres Riveros	1010233234	diatorresriv@gmail.com
Geraldinne Stefania Chingate Montenegro	1023024777	osis-geral97@hotmail.com
Wilson Rodríguez Pinto	1022983306	wilsonshmit@hotmail.com
Selena cortes	1000372145	selenacortes29@hotmail.com
Anderson Salamanca	80203593	andersonsalamanca@gmail.com
David Felipe Alfaro Díaz	1022999850	yuca.bogota.demencial@hotmail.com
Pedro Martín	79334072	yamvopedromartin@gmail.com
SAYRA ESTEFANY VELASQUEZ QUIROGA	1019138732	stefyvq.2013@gmail.com
Edgar Carrillo	79813883	edgar@susistema.co
Héctor Orlando Palencia Gomez de	351386	orlandpal@hotmail.com
Pablo Antonio Mariño Hermida	79911952	pablo.marinoh@etb.com.co
Levis Andrés angulo ccaeres	1022965142	homeriho10@gmail.com
Cristian Felipe Mendoza Mancipe	1233696206	cristianfelipe2211@gmail.com
Estaban Linares	1010227350	estebanlinares66@gmail.com
Jeison Ortiz	1032464139	yeisonrtz2@gmail.com
Feiber Baquero	1032397309	fabaquero9@gmail.com
KRYSTYNA LYENTSOVA	484176	kryspy160@gmail.com
RUBEN DARIO VASQUEZ	2990988	rubevasz@gmail.com
Edilberto Velandia Zafra	1048821855	velandiaz1991@gmail.com
Jonathan Lozano Meneses	1233892044	jonathanlozano.2705@gmail.com
Jose suarez	1.127.595.537	josejsb22@hotmail.com
Daniela Tolosa Quiroga	1019107445	ldtolosa93@gmail.com
María Camila Díaz	1010070687	mariacamiladiaz092@gmail.com
JUAN DAVID NIETO MARIN	1019105352	jdnietoma@gmail.com
Álvaro Eliécer Ramón Losada	1023012017	aeramonl@correo.udistrital.edu.co
Yeison Fernando Perdomo Esteban	1018482375	yfperdomoe@unal.edu.co
Nicol Sebastian Ordoñez Chavez	1012417431	nicolseordoch@gmail.com
lizeth bibiana camargo velasquez	1016074385	lizeth.camargov@hotmail.com
Dayana Catalina Velasquez Quiroga	1020799790	dcvelasquezq@unal.edu.co
Stefany Rincón	1014227923	tefarinconsrm@gmail.com
Yeimy Daniela Tinoco Guerrero	1019148556	danielatinoco1505@gmail.com
Omar David Urrea Rincón	1013641528	davidurrearincon@gmail.com
Esmeralda Ramos	1032488943	esmerj97@gmail.com
Rosa Margarita Meneses Alvarado	51591716	rosameneses@hotmail.com
Jorge Enrique Lozano Rodríguez	9524720	Jorloz1962@hotmail.com
Carlos Pastrana	91438213	karlos.pastrana@gmail.com
José Nelson Gil Moreno	79569750	nepelius@yahoo.com
Samuel David osorio	1061046379	juan.david2309@gmail.com
Carlos Enrique Martín Maldonado	80377959	carlosmartin198080@gmail.com
Damián portilla	80122120	batusay547@hotmail.com
NICOL PAOLA DELGADO BERNAL	1033097701	nicolpaoladelgadobernal@gmail.com
Arley Giovanny Cuta	1023003537	arleycutagutierrez@gmail.com
German	129992816	gerfasan@gmail.com
Angy Maldonado Romero	1010186594	ametyshyangy@gmail.com
Rafael Cristancho	13520820	rafaelh.cristancho@gmail.com
Ligia Yaneth Rojas Cifuentes	1012396413	ljrc_26@hotmail.com
Roberto Sanabria	86041460	roberto86041460@gmail.com
Diego Ernesto Alonso torres	1033741423	diego.alonso.26@outlook.com
Edwin fabian	80209047	niw@hotmail.es
Cristian Daniel Triana	1023035569	cristiantriana14@hotmail.com
Kevin Nicolás Torres Rodríguez	1031177485	nicolas259torres@gmail.com

Fuente: Formulario Google

Figura 55

Correo entregado a los asistentes con manual socializado



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

LINA PAOLA LOZANO MENESES <liplozanom@correo.udistrital.edu.co>

Manual hidroponía en casa
1 mensaje

LINA PAOLA LOZANO MENESES <liplozanom@correo.udistrital.edu.co> 5 de octubre de 2022, 21:28
Para: kilcrops12@gmail.com, alicson.cv@gmail.com, rsleonel2@gmail.com, german_kns@hotmail.com, hgalindos50@gmail.com, acoficinas@gmail.com, alejocanino@gmail.com, elvisporrasmelo@gmail.com, diatorresriv@gmail.com, osis-geral97@hotmail.com, selenacortes29@hotmail.com, andersonsalamanca@gmail.com, yuca.bogota.demencial@hotmail.com, yamvopedromartin@gmail.com, stefyvq.2013@gmail.com, edgar@susistema.co, orlandpal@hotmail.com, pablo.marinoh@etb.com.co, homeriho10@gmail.com, cristianfelipe2211@gmail.com, estebanlinares66@gmail.com, yeisonrtz2@gmail.com, fabaquero9@gmail.com, kryspy160@gmail.com, rubevasz@gmail.com, velandiaz1991@gmail.com, jonathanlozano.2705@gmail.com, josejsb22@hotmail.com, ldtolosa93@gmail.com, mariacamiladiaz092@gmail.com, jdnietoma@gmail.com, aeramonl@correo.udistrital.edu.co, yfperdomoe@unal.edu.co, nicolseordoch@gmail.com, lizeth.camargov@hotmail.com, dcvelasquezq@unal.edu.co, tefarinconsrm@gmail.com, danielatinoco1505@gmail.com, davidurrearincon@gmail.com, Esmeralda Ramos <esmerj97@gmail.com>, rosameneses@hotmail.com, "jorloz1962@gmail.com" <jorloz1962@gmail.com>
Cc: wilsonshmit@hotmail.com, WILSON RODRIGUEZ PINTO <wrodriguezp@correo.udistrital.edu.co>

Buenas noches para todos,

Nuevamente agradecemos su asistencia a la socialización sobre nuestro proyecto de grado de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, "*ESTUDIO TÉCNICO Y FINANCIERO DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO PARA UN POLICULTIVO EN ZONAS URBANAS DE BOGOTÁ D.C*".

Compartimos el manual expuesto en la reunión y no duden en comunicarnos cualquier inquietud.

Cordialmente,
Lina Paola Lozano Meneses
Wilson Rodriguez Pinto

Manual de Hidroponía en Casa.pdf
2998K

Fuente: Correo electronico - Gmail