

ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS HIDROPÓNICOS
EN LOS HOGARES DE ESTRATOS SOCIALES 4, 5 Y 6 DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ

YULIANA CAROLINA DELGADO ALDANA
CARLOS SEBASTIAN SOLER CHICACAUSA

PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN (MBA)

DIRECTOR
JAVIER CASTRO TORRES
MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN – MBA
BOGOTÁ D.C

2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre del director

Firma del Director

Nombre

Firma del presidente Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Bogotá, D.C. agosto de 2024

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime García-Peña

Vicerrectora Académica

Dra. María Fernanda Vega de Mendoza

Vicerrectora de Investigaciones y Extensión

Dra. Susan Margarita Benavides Trujillo

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decana Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Dra. Magaly Faride Herrera Giraldo

Coordinador Maestría en Administración – MBA

Dra. Ana María Espinel

Las Directivas de la Universidad América, los jurados calificadores y el cuerpo de docentes no son responsables por los criterios y las ideas expuestas en el siguiente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	pág
RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	10
1. PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN	11
2. PREGUNTA PROBLEMA	14
3. OBJETIVOS	15
3.1. Objetivo General	15
3.2. Objetivos Específicos	15
4. JUSTIFICACIÓN	16
5. MARCO REFERENCIAL	22
5.1. Marco Teórico	22
5.1.1. <i>Tipos de cultivos hidropónicos</i>	27
5.1.2. <i>Espacio requerido</i>	33
5.1.3. <i>Materiales</i>	35
5.1.5. <i>Tipo de verduras que se pueden cultivar</i>	36
5.1.6. <i>Lechuga</i>	38
5.1.7. <i>Tipos de Lechugas</i>	39
5.2. Marco Referencial	43
5.3. Marco normativo	45
6. MARCO METODOLÓGICO	47
6.1. Fuente de Información Primaria	48
7. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	53
8. ESTUDIO TÉCNICO	71
9. ANÁLISIS FINANCIERO	79
10. CONCLUSIONES	93
11. RECOMENDACIONES	95
REFERENCIAS	96

LISTADO DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Resultados obtenidos por Woodward en plantas de menta	23
Figura 2 Sistema básico aeropónico	28
Figura 3 Sistema básico hidrocultivo NFT	30
Figura 4 Sistema hidropónico raíces en agua NGS	32
Figura 5 Ejemplos de pequeños cultivos en hogares	33
Figura 6 Sistema hidropónico vertical	34
Figura 7 Sistema hidropónico NFT	35
Figura 8 Lechuga arrepollada vs acogollada	40
Figura 9 Lechuga de hoja suelta	41
Figura 10 Lechuga Simpson Var	41
Figura 11 Lechuga Vulcan Var	42
Figura 12 Lechuga Boston Var	42
Figura 13 Lechuga Italiana Var	43
Figura 14 Lechuga tipo baby	43
Figura 15 Fórmula para cálculo de tamaño de muestra	50
Figura 16 Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°2	53
Figura 17 Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°3	54
Figura 18 Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°3	54
Figura 19 Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°4	55
Figura 20 Encuesta hábitos alimenticios, análisis pregunta N°4	56
Figura 21 Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°5	56
Figura 22 Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°5	57
Figura 23 Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°6	57
Figura 24 Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°6	58
Figura 25 Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°7	58
Figura 26 Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°7	59
Figura 27 Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°8	60
Figura 28 Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°8	60
Figura 29 Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°9	61

Figura 30 Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°9	62
Figura 31 Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°10	62
Figura 32 Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°10	63
Figura 33 Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°10	64
Figura 34 Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°11	64
Figura 35 Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°11	65
Figura 36 Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°12	65
Figura 37 Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°12	66
Figura 38 Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°13	67
Figura 39 Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°13	67
Figura 40 Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°13	68
Figura 41 Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°14	69
Figura 42 Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°14	69
Figura 43 Dibujo esquemático sistema de cultivo hidropónico	72

LISTADO DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Marco legal colombiano respecto al sector medio ambiental	45
Tabla 2 Tabla resumen poblaciones de estratos 4, 5 y 6 de la ciudad de Bogotá	51
Tabla 4 Datos para la formulación de 10 l de solución	74
Tabla 5 Listado De Materiales Y Precios	82
Tabla 6 Resumen de costos	84
Tabla 7 Depreciación	85
Tabla 8 Costos fijos y variables	86
Tabla 9 Escenarios de validación del retorno de la inversión de cada hogar	87
Tabla 10 Escenarios de validación del retorno de la inversión de cada hogar	88
Tabla 11 Escenarios de validación del retorno de la inversión de cada hogar	89
Tabla 12 Flujo de caja para la valoración del cultivo hidropónico	90
Tabla 13 Flujo de caja libre del proyecto	91
Tabla 14 VPN y TIR	91

RESUMEN

Desde el principio, el ser humano ha buscado desarrollar mejores métodos de alimentarse, por ejemplo; desarrollo armas para ser más efectivos en la caza de animales y llevar alimentos a sus hogares; desarrollo la agricultura para poder generar producciones sostenibles y predecibles en el tiempo lo que ayudo a que la sociedad se detuviera a desarrollar su intelecto; mejoro aún más el proceso con la invención de la máquina, lo que ayudo a generar grandes producciones de alimentos para cubrir la demanda mundial y hoy en día se están desarrollando nuevos proceso que permiten al ser humano tener una cultura sostenible, amigable con el medio ambiente y sobre todo que le brinde salud y bienestar.

Según lo anterior continuando con el desarrollo que el ser humano ha tenido, se presenta este trabajo como un fin motivador a que las familias dentro de los hogares puedan generar una cultura de vida sostenible, validando si se puede o no cultivar sistemas hidropónicos dentro de sus hogares, para que, a final de cuentas, los alimentos que consumen no solo tengan un impacto visible en sus vidas si no también en sus comunidades.

Por consiguiente, se plantea realizar la evaluación de la viabilidad de producción por medio de los sistemas de cultivos por medio del método NFT (Nutrient Film Technique) en hogares de los estratos 4, 5 y 6 de la ciudad de Bogotá.

Palabras claves: cultivos alimentarios, agricultura de subsistencia, hidroponía, salud, hogar.

INTRODUCCIÓN

Con el siguiente documento se pretende realizar el análisis de estudio de viabilidad para la producción de cultivos hidropónicos en los hogares de estratos sociales 4, 5 y 6 de la ciudad de Bogotá, donde se tienen en cuenta diferentes aspectos generales socio-económicos, geográficos, técnicos y financieros en relación a los cultivos hidropónicos, con el fin de observar desde un panorama macro hasta uno micro cómo se puede formular el proyecto y analizar si es viable para la sociedad evaluada montar un sistema de cultivos dentro de sus propios hogares, que permita explorar un mundo de beneficios y ventajas, que permitiría mejorar la calidad de vida de quienes componen dicho hogar.

Teniendo en cuenta que la mala manera en que el ser humano se alimenta, día a día se han venido desarrollando diferentes maneras de tener un alimento saludable, menos procesado y más natural que permiten generar un crecimiento importante en las economías familiares, mejorar la salud, mejorar el impacto ambiental que producen las sociedades de la actualidad.

1. PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN

A lo largo del tiempo, el hombre ha encontrado maneras de satisfacer la necesidad de alimentarse, siendo un impacto complejo y profundo dada la forma en que hoy en día se obtienen, producen y se consumen los alimentos. El ser humano empezó con la caza de animales, haciendo que la sociedad en ese momento fuera nómada; al pasar el tiempo empezó a encontrar el desarrollo de la agricultura, lo cual marco hace unos 10.000 años un cambio fundamental en la que el hombre obtenía sus alimentos, emprendió la domesticación de las plantas y animales y le permitió generar una producción de alimentos predecible y sostenible en el tiempo, lo cual le permitió crear asentamiento y lograr desarrollar asentamientos donde la población crecía. Pasó mucho tiempo, donde se mejoraron rústicamente algunos procesos de agricultura, pero no fue hasta la era industrial, donde se logró realizar un desarrollo catapultado en la forma en que se producían alimentos, debido a la mecanización de procesos, la producción en masa de productos y la masificación de la distribución a escala, permitió al ser humano tener una disponibilidad de alimentos generando un crecimiento desmesurado en la población que general un sobre consumo y un gran impacto ambiental en la sociedad de hoy en día. Para cubrir tal demanda, se ha hecho necesaria prácticas como el monocultivo, el uso excesivo de productos químicos y agrícolas, lo cual ha afectado enormemente en la salud del suelo, el agua y en la seguridad alimentaria a largo plazo.

Todos estas afectaciones ha creado la necesidad de desarrollar nuevos métodos de cultivo más sostenibles y con menor impacto y acuñado en la difícil situación actual donde se puede observar que en el mundo se están sufriendo momentos de escasez de alimentos por el cambio climático, se evidencia que las variaciones del clima que enfrenta el mundo afecta diferentes cultivos y suministros de insumos (Ramirez, 2015) ; las consecuencias de desabastecimiento derivados de diferentes guerras al rededor del mundo, donde se puede observar, por ejemplo un fuerte impacto en la reducción de exportaciones del trigo a nivel mundial, pone en jaque, sobre todo a países pobres donde se pueden ver afectadas sus poblaciones por la escasez alimentaria. Adicionalmente, estos desabastecimientos crean un incremento de precios de diferentes productos directos o indirectos de la canasta familiar, lo cual genera que las familias, sobre todo las

menos favorecidas, se alimenten peor y su salud se decremente (Diario Responsable, 2022); otro punto es que los sobre costos de producción de alimentos, donde inclusive se ve que en Colombia se relaciona que debe existir un incremento de los precios de la canasta familiar derivado de las nuevas políticas establecidas por el gobierno de turno que se implementarán desde el año 2023 (Portafolio, 2022); adicionalmente las fuertes variaciones económicas, se ven influenciadas por fuerzas como la fuerte inflación o depreciación de la moneda, así como las bajas exportaciones que tiene Colombia para fortalecer su moneda y que hacen que los Colombianos se enfoquen más en el ahorro que en el gasto (Portafolio, 2022). Por otra parte, y de acuerdo con el estudio realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en el 2014 donde realizó una evaluación del agropecuario a nivel Nacional el (UPNA) Unidades de producción no agropecuaria y (UPA) Actividades no Agropecuarias, se determinó que las poblaciones rurales han dejado de realizar actividades agropecuarias y se han empezado a enfocar en actividades comerciales o turísticas y que gracias a esto se puede empezar vislumbrar los problemas que vienen a futuro cada vez más difíciles de abastecer de alimentos a cada hogar.

Según las problemáticas planteadas, se busca que la investigación contemple como resultado el saber si los hogares urbanos tienen la disposición de abrirse a implementar cultivos para abastecerse de algunos alimentos básicos, implementando un sistema de cultivo que quepa dentro un pequeño espacio en el hogar. Por tal motivo, se plantea mitigar los problemas que se pueden ver a futuro en la agricultura tradicional y observar los beneficios que puede traer la hidroponía, creando una cultura donde se pueda animar a las personas a consumir productos saludables, nutritivos, que permita mejorar la calidad de vida en los hogares, eduque a toda la familia ambientalmente, ayude a reducir los impactos negativos al ambiente, se enfatice en desarrollar una cultura sostenible y se pueda incluir en el aprendizaje a familias de distintas edades.

En algunos momentos de coyuntura en los que se ha visto afectada en gran medida la ciudad de Bogotá por algunos paros de transportistas, pandemia, incremento en el índice de precios de consumo (IPC), variaciones en los precios de la canasta familiar y el aumento del costo de los combustibles hacen que muchos productos tengan elevados precios y continúen en constante crecimiento, lo que en ocasiones genera

desabastecimiento, por tal motivo se plantea una solución sostenible para que las familias bogotanas puedan producir algunos de estos alimentos orgánicos y sanos en sus propios hogares, por medio de pequeños cultivos hidropónicos.

Con la información recolectada se busca estudiar si es viable plantear una solución donde las familias tengan esa capacidad de autoabastecerse, de reducir su impacto ambiental, de cierta manera colaborar con los gastos financieros familiares, mejorar su salud al consumir productos que no contienen sustratos químicos y sobre todo puedan generar una cultura de optimización de los recursos cultivando sus propios alimentos en casa.

2. PREGUNTA PROBLEMA

Es por lo anterior que una de las principales preguntas que haría referencia a la problemática se relacionaría como ¿Para la población urbana de los estratos 4, 5 y 6 de la ciudad de Bogotá es viable implementar sistemas de cultivos hidropónicos en sus propios hogares?

2.1. Preguntas de Apoyo

¿Por qué hoy en día la tendencia se enfoca al crecimiento de los cultivos hidropónicos con raíces en agua, y se genera un gran beneficio tanto económico como ambiental y fomenta una cultura de optimización de recursos?, la respuesta a esta hipótesis plantearía un resultado que permitiría al proyecto enunciar su objetivo como una meta alcanzable, dadas las circunstancias actuales en las que la humanidad vive.

¿Qué impacto ambiental generarían los sistemas de cultivos hidropónico en agua NFT (Técnica de película nutritiva) al ser cultivados dentro de los hogares? y ¿Qué consecuencias (positivas o negativas) tendrían dentro de este proyecto?

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Evaluar la viabilidad de producción por medio de los sistemas de cultivos por medio del método NFT (Nutrient Film Technique) en hogares de los estratos 4, 5 y 6 de la ciudad de Bogotá.

3.2. Objetivos Específicos

- Elaborar un estudio de mercado que permita reconocer y validar las costumbres, prácticas y hábitos de los hogares bogotanos son viables para utilizar la tecnología de cultivos hidropónicos NFT (Nutrient Film Technique).
- Desarrollar el estudio técnico con el fin de determinar los equipos, activos y materiales que se requieren para realizar los cultivos hidropónicos dentro de los hogares.
- Realizar la evaluación financiera del proyecto que permita identificar el nivel de inversión y costos operativos para implementar la solución.

4. JUSTIFICACIÓN

Hoy en día, se vienen promoviendo prácticas que permitan reducir los impactos ambientales y la huella que está dejando el ser humano. Un medio ambiente sano es una parte fundamental para el desarrollo de la vida y es por tal motivo que se requiere fomentar una nueva cultura que permita generar ideas de cambio, donde se aprenda el uso adecuado de los recursos que se tienen a disposición, reducir el impacto que realiza el ser humano por el simple hecho de vivir, generando una cultura de hacerlo en casa.

Debido al sobreconsumo que actualmente tiene el mundo y la sobrepoblación de la humanidad ha generado que día a día lograr suplir la necesidad de abastecer los alimentos a toda la población sea un trabajo extenuante sobre todo para la propia naturaleza. Es importante mencionar que en tan solo 210 días del año 2021 se han consumido el capital natural capaz de de producción y se excedió la capacidad de los ecosistemas para poder ser regenerados dentro del ciclo normal, esto genera una problemática de que cada año, con el aumento poblacional, siga en aumento el consumo a una tasa insostenible para la vida (Izquierdo, 2021) y tengamos que recurrir a muchos productos químicos que agilicen el crecimiento de los cultivos pero a un costo demasiado alto, donde se erosionan los suelos, contaminan aguas y afecta finalmente la salud del consumidor. Adicionalmente, los modelos de agricultura clásicos han venido socavando las capacidades orgánicas de la tierra, donde cada vez es menos fértil debido al uso excesivo de diferentes fertilizantes, pesticidas y todo tipo de químicos que acaban los nutrientes naturales de la tierra que han producido: eutrofización, toxicidad de las aguas, contaminación de aguas subterráneas, contaminación del aire, degradación del suelo y de los ecosistemas, desequilibrios biológicos y reducción de la biodiversidad (Ulibarry, 2019, p. 3). Por lo anterior, se viene promocionando diferentes tipos de productos que mitiguen el impacto ambiental que genera el consumo humano, productos que incentiven el apoyo social o diferenciadores que tengan como valor agregado productos sostenibles.

Es por lo anterior, que los modelos de agricultura han venido siendo modificados con soluciones radicales, innovadoras y más eficientes, donde se ve que la producción convencional no está dando abasto de suplir una necesidad al aumentar la población, las tierras no son suficientes para suplir el alimento necesario haciendo un sistema

inviabile e insostenible, haciendo que se busquen soluciones que permitan aprovechar el espacio de una manera más eficiente.

Dichos modelos actuales hacen parte de un sin número de iniciativas que buscan optimizar el uso del suelo, el consumo del agua, el uso del espacio, la reutilización de sistemas, mejora en el tiempo de producción, eliminación de insecticidas que pueden ser nocivos para la salud y un innumerable tipo de ventajas que a corto, mediano y largo plazo pueden ser notables sus beneficios. Algunas de las nuevas técnicas que se pueden mencionar por ejemplo, son los cultivos hidropónicos de los cuales se dividen en varias ramas como la aeropónica, la cual consiste en un método en el que las raíces están dispuestas al aire en un sistema cerrado y sus nutrientes son suministrados por nebulizadores que dispersan pequeñas gotas creando así una atmosfera en constante humedad para las plantas; los cultivos en agua (NFT, NGS, Balsa Flotante) consiste en un sistema de recirculación que permite el movimiento de la solución nutritiva de manera continua o intermitente a través de una serie de canales de PVC donde las raíces están constantemente inmersos en el agua y finalmente los inmersos en sustratos, está enfocado a aquellas plantas que no requieren mucha agua y pueden estar inmersas en algún tipo de sustrato que almacene nutrientes como arena, piedras, entre otros (Hernandez, 2022).

Es importante mencionar que las personas que tomen la iniciativa de tomar este camino harían parte de una nueva cultura que entiende que debemos cambiar nuestra forma de impactar el ambiente, si se producen algunos alimentos en el hogar, se pueden cambiar algunos hábitos alimenticios y medicinales que mejorarían la salud de quienes produzcan sus propios alimentos, se podría generar algunos ahorros económicos, ya que no se comprarían algunos alimentos y viendo las tendencias crecientes del costo de vida, inflación, impuestos a la canasta familiar, entre otros esquemas beneficiosos sería viable para que las familias puedan encontrar en sus propios cultivos un método para oxigenar diferentes aspectos de su vida.

Lo anterior considerando que actualmente los índices de sobrepeso y obesidad son muy altos,

(...) se está presentando un rápido aumento en la prevalencia del sobrepeso y la obesidad, con mayor impacto en las mujeres. Tema preocupante porque se asocia a las enfermedades crónicas, que serían prevenibles mediante un adecuado estilo de vida. El exceso de peso en los adultos en Bogotá en el año 2021 llegó a una proporción del 66,2%, mientras que la delgadez fue apenas del 1,1%. En el caso de la población mayor de 65 años, la proporción fue del 46% para el año 2021. (Gutierrez, 2022),

... lo que hace imperativo generar planes que ayuden a mejorar la salud en la ciudad y se entiende que los buenos hábitos nacen desde el hogar, que vía más fácil que cultivar sus propios alimentos que incentiven a comer sano.

Para los investigadores, es importante realizar este proyecto debido al gran impacto que tiene el cambio climático en la actualidad, debido a que la agricultura convencional genera diferentes tipos de impactos negativos como lo son el consumo de combustibles fósiles, liberación de gases de efecto invernadero, agotamiento y contaminación de acuíferos (ya que la agricultura tradicional requiere altos consumos de agua), deforestación de bosques, erosión del suelo (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2015). También es relevante mencionar que la agricultura convencional requiere la aplicación de muchos fertilizantes y minerales químicos que, aunque hacen el proceso más eficiente, también produce eutrofización del agua, contaminación del agua superficial y subterránea, contaminación del aire, degrada el suelo y reduce la biodiversidad que pueda haber en una locación. Considerando que el consumo de fertilizantes llega a más de 180 millones de toneladas al año (2015), es de considerar que año a año esta tasa crece para intentar mantener las tasas de consumo con una población creciente, es muy probable que también se empiecen a generar mayores índices de contaminación en el mundo (Ulibarry, 2019, p. 4). Es por lo anterior y por otros muchos impactos negativos que se quieren mitigar dicha huella con la implementación de cultivos hidropónicos. Aunque no se desea cambiar la historia con la implementación de este producto, es un pequeño aporte desde donde se puede ayudar a generar una nueva cultura de vida sostenible y generar impactos positivos para mitigar la huella que deja el humano debido a sus diferentes actividades y

que mejor que poder empezar desde el hogar para transmitir estas iniciativas a todas las personas.

En cuanto la información que se pueda recolectar, la literatura es muy evidente de los requerimientos técnicos que se requieren para implementar un cultivo de esta clase. Sin embargo, se han realizado diferentes tipos de estudios a nivel mundial donde se puede observar que las plantaciones en hogares son posibles.

Es significativo realizar este trabajo que de acuerdo con las cifras que según estudios comprueban que,

(...) “Un cultivo hidropónico consume una cantidad mucho menor de agua que un cultivo en tierra, ya que en el cultivo en tierra el 80 % del riego se infiltra a las capas inferiores del terreno y otro porcentaje del riego se evapora; mientras que en un cultivo hidropónico se evita totalmente la infiltración del agua, así como gran parte de la evapotranspiración, ya que el cultivo se realiza en general en locales cerrados, con humedad relativa elevada. Al cultivar por hidroponía, se obtienen cultivos con mejor sanidad y calidad.” (Gimenez, 2015, p. 19)

... el uso de la técnica de cultivos hidropónicos reduce en gran cantidad el uso de agua, contaminación de fuentes afluentes y en sí ayuda a mitigar el impacto ambiental generado por cultivos tradicionales.

Adicionalmente, en la actualidad las personas tienen tendencias a comer alimentos saludables, orgánicos y mejor aún si lo pueden cultivar ellos mismos, donde pueda generarse una cultura sostenible de consumir alimentos cultivados por sus propias manos en pequeños espacios, los sistemas hidropónicos son unos sistemas que aprovechan el espacio de una manera que ningún otro sistema provee (sistemas muy básicos, de poco cuidado y grandes beneficios en la salud y economía), puede producir entre 3 a 10 veces más cantidad de alimento en un mismo espacio versus un cultivo convencional, esto fomentaría cultivar alimentos inclusive dentro de un apartamento. Estos cultivos no solamente permitirán consumir alimentos saludables, si no que permitirá generar ahorros en la canasta familiar para evitar la compra de algunos

productos que serían cultivados en cada hogar, generando un impacto positivo al medio ambiente y reduciendo la huella que cada persona deja en el mundo.

Es importante reconocer que Colombia es un país rico en sus recursos hídricos y es una potencia mundial en estos recursos, junto a Brasil y Perú, según el banco mundial (Casma, 2015). Lo anterior hace que Colombia deba proteger sus recursos de tal manera que empiece a generar proyectos sostenibles con sus ciudadanos. Es por eso que, una de las ciudades más importantes del país, como lo es Bogotá, está generando el plan distrital de desarrollo, donde uno de sus principales objetivos es generar un ambiente sostenible para que la ciudad se convierta en un modelo a seguir. Se trata de un plan en el que incluyen todas las ideas ciudadanas que permitan hacer que el plan distrital tenga una mayor relevancia y trabajo de sus ciudadanos, como por ejemplo trabajar en ordenar su territorio y avanzar en su acción climática, justicia ambiental e integración regional con varias estrategias de control del gasto del agua, la calidad del agua tanto para el consumo como para las vertientes (Alcaldía de Bogotá, 2024, p.20). Es por lo anterior, que Bogotá sería un canal estratégico para validar si las personas estuviesen de acuerdo con instalar cultivos hidropónicos dentro de sus hogares, gracias a este tipo de proyectos que ayudan a mejorar los hábitos y comportamientos de sus ciudadanos. Por ejemplo, el jardín botánico ha venido realizando diversos tipos de capacitaciones para fortalecer los emprendimientos de agricultura urbana. Es así que una de las capacitaciones más influyentes fue la de Agricultura urbana en Fontibón, donde se identificaron 3 objetivos “El curso propende por el desarrollo de competencias basadas en el saber, el hacer y el ser. Desde “el saber” el participante deberá establecer la importancia de abordar conocimientos propios de la agricultura urbana (ancestrales, campesinos, culturales, culturales, técnicos) para la implementación y desarrollo de una huerta agroecológica evidenciando su comprensión y apropiación. Desde “el hacer” el participante deberá desarrollar habilidades que le permitan poner en práctica los conocimientos aprendidos; y desde “el ser”, reflexionar sobre la importancia del proceso de la agricultura urbana y los beneficios obtenidos tanto personales, colectivos y con el ambiente” (Jardin Botanico de Bogotá, 2023). Estas actividades, impulsan a que se facilite el estudio que pretende evaluar la viabilidad de la producción de cultivos hidropónicos dentro de los hogares.

Ahora bien, Bogotá es una de las 50 ciudades con mayor número de habitantes del mundo (Casa editorial El Tiempo, 2018), lo que hace necesario realizar una división estratégica para poder evaluar la viabilidad del proyecto. Dentro de las muchas maneras de segmentar la población, se encontró que en un estudio realizado por la Pontificia Universidad Javeriana y publicado por la revista portafolio, muestra que los estratos 4, 5 y 6 son los estratos con mayor área de habitabilidad disponible con un promedio de más de 75 m², lo cual genera una gran diferencia con los estratos socioeconómicos 1, 2 y 3 que en promedio pueden contar con tan solo 33 m² (Casa editorial El Tiempo, 2019) esto genera una visión y conclusión previa que los estratos altos serían un punto base para entrar a evaluar si dichos hogares pueden tener la capacidad de instalar cultivos hidropónicos dentro de sus hogares.

Por último, es importante culturizar a las futuras generaciones sobre todos los beneficios que tendrían al cultivar sistemas hidropónicos que permitan alimentarse sanamente y aporten en reducir la huella contaminante que se genera día a día para abastecer de alimentos a la población global.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. Marco Teórico

La hidroponía proviene del griego Hidro (agua) y Ponos (trabajo) lo que traduce trabajo en agua. Los cultivos hidropónicos son aquellos métodos que se componen por un conjunto de novedosas técnicas que permiten realizar el cultivo de plantas en un medio húmedo que no necesita del suelo, requiriendo de esta manera soluciones acuosas con nutrientes disueltos o sustratos estériles como lo son arenas, gravas, entre otras para servir de soporte a las raíces de las plantas. (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura, 2017). La hidroponía permite el aprovechamiento de áreas como terrazas, algunos suelos infértiles o áridos, invernaderos, entre otros, con el fin de no requerir un suelo fértil para el cultivo de alimentos. Es por lo anterior que los cultivos hidropónicos aprovechan los nutrientes que se pueden disolver en el agua o en medios secos como los sustratos para que la plante goce de una temperatura controlada, obtenga humedad suficiente y sus nutrientes para su crecimiento. Es de recalcar que los cultivos hidropónicos permiten el cultivo de plantas de una excelente calidad y producto final totalmente sano que no contiene insecticidas para plagas de animales que normalmente pueden encontrarse en los suelos, donde se puede aprovechar eficientemente el espacio y optimizar de una manera eficaz los recursos que se tienen para la producción en masa de alimentos como son las hortalizas.

Históricamente, se conoce que los principios de la hidroponía se remontan a los jardines colgantes de babilonia durante el reinado de Nabucodonosor II (Rey de los caldeos) a orillas del río Éufrates hacia el año 600 A.C, lo cual era considerado una de las siete maravillas del mundo antiguo. Dichas plantas no requirieron suelo para ser plantadas y permitían el riego desde el río, el cual se encontraba en las faldas de la montaña aportaban abundante fertilidad a los jardines; las plantas fueron dispuestas de forma escalonada, y eran regadas a través de una especie de molino que llevaba el agua del río hasta el punto más alto de la terraza y por medio de la gravedad se garantizaba la hidratación de las plantas que se encontraban en niveles inferiores. (Pané, 2019)

Otro método conocido históricamente era el utilizado por los Toltecas en centro América hace más de 2200 años. Debido a que fueron desplazados cerca al lago

Xochimilco, localizado en el valle medio del actual México, como método de supervivencia y proveer alimentos a sus comunidades, desarrollaron un método de cultivo hídrico sobre la superficie del lago. La técnica la denominaron Chinampas, la cual permitía el cultivo de flores y verduras. La palabra chinampa, proviene del náhuatl chinampan, que significa “en la cerca de cañas”, Este era un cultivo artificial donde el agua es el principal medio nutritivo de las plantas y utilizaban los nutrientes de las tierras fangosas de la orilla de la cual obtenían nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. Es importante recalcar que el método permitía el acople de varias balsas creando islas flotantes de cultivos de plantas y optimizaban de esta manera el espacio y recursos que tenían disponibles para abastecer de alimento a su sociedad.

Siglos después, el naturalista inglés, geólogo y anticuario John Woodward (1665-1728), quien fuera profesor de la Universidad de Cambridge en Inglaterra. Siendo consiente, que, según estudios anteriores, mencionó que las plantas se alimentan del agua y no de la tierra, ideó un experimento para probar su teoría; tomó agua directamente de un lago, agua destilada y finalmente agua con sustratos de tierra disuelta y filtrada. Llegó a la conclusión que las plantas “se alimentan de agua y de elementos contenidos en la tierra disueltos en ella” (Arano, 2007, p. 25).

Figura 1

Resultados obtenidos por Woodward en plantas de menta



Nota. El gráfico representa la forma en que las plantas se alimentan acorde a la absorción de nutrientes de agua específica. Tomado de: Arano, C. R. (2007). Hidroponía: algunas páginas de su historia. Revista horticultura. Tomado de: http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rhi58/24_33.pdf.

Otros importantes científicos como Helmont (1577 – 1644) quien determinó que el agua de lluvia era suficiente para el crecimiento del sauce que investigo durante un par de años, Robert Boyle (1627 – 1691) mencionó que según sus experimentos las plantas no solo requieren de agua para su crecimiento si no de algunos jugos esenciales para su nutrición, entre otros muchos científicos que hicieron importantes aportes a los inicios de la hidroponía. (Arano, 2007, p.32).

Otros importantes avances científicos se dieron durante el siglo XIX con personajes como Sprengel, Leibig, Wiegman, Justus, entre otros, quienes profundizaron investigaciones sobre los elementos químicos necesarios para el crecimiento y nutrición de las plantas, la necesidad de compuestos básicos y sus cantidades para garantizar el crecimiento y desarrollo, el aporte de los suelos de elementos solubles e inorgánicos, soluciones acuosas en ambientes inertes y húmedos para la hidratación de las raíces, y diferentes líquidos con soluciones de nutrientes disueltos en agua para el desarrollo del crecimiento de diferentes tipos de plantas.

En 1929, el Dr. Gericke acuñó la palabra hidroponía derivada del concepto “agua que trabaja” y formulo técnicas comerciales para expandir en la sociedad, donde lamentablemente era una tecnología avanzada para la época. Sin embargo, fue una base para la implementación de nuevos sistemas y la materia prima base para garantizar el desarrollo de las plantas: los nutrientes. Hacia la década del 40, Estados Unidos enfrentaba una difícil tarea en las islas del pacífico y era suministrar alimentos frescos a los diferentes frentes de guerra. El señor y la señora Withrow en la ciudad de Purdue, desarrollaron un método de Nutriculture, donde cultivaban lechos en una grava húmeda y un flujo circulante hidrataba la grava que llenaba de nutrientes las plantaciones y optimizaba recursos hídricos para alimento y nutrición de las plantas. En la década del 70, el Dr. Allen Cooper desarrolla un novedoso método de cultivo por medio del flujo laminar de nutrientes, llamado Nutrient Film Technique (NFT), publicando un libro con la descripción de la técnica donde se fundamentó en cultivos de ciclo corto como verduras para ensaladas. También se hicieron desarrollos por parte de la NASA para validar diferentes nutrientes y el uso eficiente de espacios para cultivos de esta manera. Desde 1995 hasta la época, se han venido desarrollando métodos que han desembocado en tres ramas de la hidroponía: la comercial, que hace referencia a métodos de cultivo con

finés comerciales y que permite el desarrollo de un negocio de grandes cultivos por medio de este método; la doméstica, donde se obtiene el beneficio de consumir alimentos cultivados de su propia mano y ayudando a mitigar el impacto ambiental y finalmente la decoración de espacios, método últimamente desarrollado para decorar diferentes tipos de construcciones con múltiples beneficios como servir de aislante, sumidero eficaz para el CO₂, entre otros. (Texier, 2013, p. 26)

Por todo lo anterior, se puede determinar que algunas de las ventajas que ofrecen los cultivos hidropónicos son:

- Control Nutricional, donde se logra optimizar y controlar la forma en que se pueden nutrir las plantas.
- Ahorro de agua, es un método que permite la reutilización del agua, ya que por su principio se puede circular el agua de manera remanente para mantener hidratada la vegetación.
- Ahorro de nutrientes, por el principio de plantación, donde no se requiere tierra, en la cual se pueden perder los nutrientes que se le suministra a la planta (que también pueden generar impacto a la vida microbiana de la tierra) circulando de manera disuelta en el agua.
- Evita el uso de plaguicidas y herbicidas, contaminantes de los suelos.
- Ayuda a tener limpia fuentes hídricas, ya que las plantas requieren un alto nivel de nitratos para disparar el crecimiento vegetal. Al requerirlo en un circuito cerrado dentro del cultivo hidropónico no hay necesidad de segregarlos en fuentes hídricas que afecten al consumo humano. Al momento de verterlas en los sifones de aguas negras, los nitratos serán disueltos fácilmente.

- Producción en condiciones extremas, por el bajo recurso hídrico y la facilidad del montaje del sistema del cultivo hacen que incluso la NASA evalué el comportamiento de este sistema en diferentes condiciones adversas para validar el crecimiento y desarrollo vegetal que se obtiene de este método de cultivo.
- Optimiza el espacio, ya que sus raíces no se extienden para obtener mayor cantidad de nutrientes hacen que se requieran espacios mínimos para el crecimiento de las plantas cultivadas.
- Control de la nutrición, al ser un ambiente en el que se controla el suministro de los sustratos y nutrientes de las plantas cultivadas, hacen que se pueda controlar los elementos que impactan positivamente en el crecimiento vegetal.
- Productos libres de químicos sin nutrientes.

Por otra parte, se pueden encontrar algunas desventajas, como las que se desarrollan a continuación:

- Cuando se cultivan plantas, el suelo tiene un equilibrio natural que compensa diferentes parámetros físicos y químicos y hacen que los cultivos crezcan saludables si están cultivados en tierras fértiles. Si se les da a las plantas ciertas cantidades de nutrientes, una combinación adecuada o no se controla el PH del agua, se puede ocasionar una pérdida total del cultivo.
- Se requiere un control de temperatura en sus raíces que este entre 10°C – 22°C, lo que hace que no se pueda cultivar en muchos lugares que superen estas temperaturas ambientales, ya que la planta puede morir rápidamente.

- No todas las plantas se pueden cultivar por medio de hidrocultivos. Las papas y zanahorias por ejemplo requieren sistemas muy complejos de irrigación para mantener una producción estable.
- Una planta enferma puede transmitir enfermedades al resto del sistema y propagar el problema ya que todo el cultivo está conectado.

Es importante destacar que los cultivos hidropónicos tienen mayores ventajas que sus limitaciones, esto le permitiría lograr establecer un alimento de calidad y saciar las necesidades alimenticias sin pensar en grandes inversiones, ya que inclusive, se pueden considerar sistemas de cultivos en el hogar, en un jardín o incluso en terrazas comunales, dando como resultado generar el suministro de alimentos saludables, a bajo costo, generando una reducción del impacto ambiental que pueden generar los cultivos convencionales en la tierra.

Cada día se tiene menos tierra para cultivar; hoy en día las personas encuentran muy difícil cultivar la tierra y es un aspecto que es de vital importancia cuando la zona rural pierde actividad de sus habitantes, hay mayor empobrecimiento y generalmente hay problemas de inequidad. (Pardo, 2022). Vale la pena recalcar que, consultando algunos expertos, por ejemplo, una lechuga en un cultivo en tierra convencional puede tomar un tiempo de 3.5 meses aproximadamente, entre su germinación hasta su consumo. Por otra parte, una lechuga cultivada por medio hidropónico puede tomar solamente 1.5 meses o menos en poderla consumir desde su cultivo, esto se relacionaría directamente con las ventajas de este sistema, anteriormente mencionadas, no solo para el ambiente si no para la salud de su consumidor.

5.1.1. Tipos de cultivos hidropónicos

A continuación, se relaciona los tipos de cultivos más comunes y usados para diferentes cultivos:

- **Aeroponía:** Se compone de un proceso de cultivo por medio aéreo sobre el cual no requiere suelo orgánico para cultivar un elemento. Está basado en un tipo de técnica

que permite el desarrollo de las plantas en un circuito cerrado, internamente posee cierto número de boquillas que permiten rociar constantemente las raíces colgantes, con una solución acuosa llena de nutrientes.

Adicionalmente, en la actualidad existen tres tipos principales de técnicas derivadas de la Aeroponía y que pueden variar acorde a la presión y flujo que los aspersores pueden generar (Ruiz, 2019).

- **Aeroponía de baja presión:** Es el tipo más usual, debido a que es un sistema de muy fácil acceso y obtención. Debe contener una bomba de agua común y corriente, la cual produce gotas más grandes que otros tipos de Aeroponía. Esta es la mejor opción cuando se desea crear un pequeño jardín aeropónico en casa.
- **Aeroponía de alta presión:** este tipo es mucho más efectivo debido a su bomba interna de alta presión hace que se facilite la cantidad de oxígeno y nutrientes que deben llegar a las raíces a través de gotas de 50 micras o menos.
- **Aeroponía por nebulización ultrasónica:** Es un novedoso método derivado de la Aeroponía. Requiere un atomizador el cual partícula la gota de agua en partes muy pequeñas, creando una neblina a través de la cual las raíces absorben la humedad necesaria. Sin embargo, puede causar problemas como atomizadores obstruidos.

Figura 2

Sistema básico aeropónico



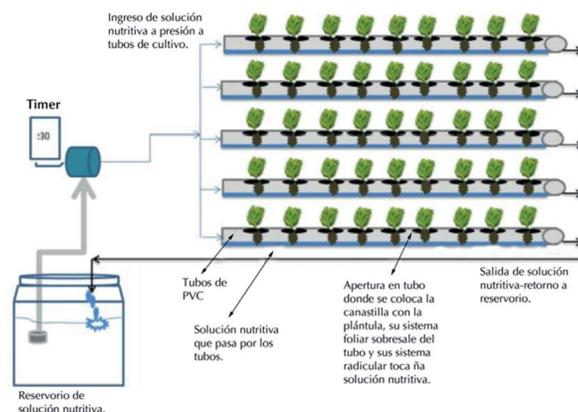
Nota. Relación de sistema básico aeropónico y sus componentes. Tomado de Ruiz, G. A. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de control de riego para prototipo automatizado de cultivos aeropónicos de cilantro.* Ibagué, Colombia. Pg. 18.

- **Ventajas:** Es un tipo de cultivo que no necesita el suelo, requiere un menor número de fertilizantes y químicos para su cultivo, no requiere altos volúmenes de agua, mayor sanidad, se optimizan los espacios para cultivar un mayor número de plantas por área y se pueden lograr cultivos en menor tiempo.
- **Desventajas:** Representa un costo de inversión inicial bastante alto, se requiere una calidad del agua buena, el proceso requiere automatización para controlar el pulso del agua cada cierto tiempo, se requiere energía constante para hacer funcionar el sistema de riego.
- **Raíces en agua NFT (Nutrient Film Technique):** Son cultivos que no requieren sustratos y se realizan por medio de la técnica de la solución nutritiva recirculante, donde todos los nutrientes que las plantas necesitan están disueltos en una solución acuosa y esta solución se lleva a contacto directo con las raíces de las plantas. En este tipo de sistemas, el agua permite que las raíces y la solución estén en contacto con el aire. En esta técnica se provee un soporte a la planta por medio de enganches de sujeción. Algunos ejemplos de este tipo de sistema hidropónico son “NFT o Nutrient Film Technique”, “Tanque nutritivo”, “Mist System” entre otros (Melo, 2018, p. 15).

El principio de funcionamiento de este sistema se basa en poder circular continuamente o por ciclos la solución nutritiva por una serie de canales base en PVC de forma circular o rectangular (dependiendo la facilidad de adquisición). Cada canal se le incorporan una serie de agujeros donde posteriormente serán instalados las plantas a cultivar. Dichos canales serán soportados por unas bases con una ligera pendiente para que el agua circule de una manera mucho más fácil. Finalmente, el agua circulante puede ser depositada en un tanque con un sistema básico de bombeo que permita volver a circular el agua.

Figura 3

Sistema básico hidrocultivo NFT



Nota: Adaptado de *Esquema ilustrativo de sistema NFT*, No está a escala. por: L. Brenes, María Jiménez *Manual de producción hidropónica para hortalizas de hoja en sistema NFT*: Laura Brenes, 2014. Tomado de:

Como se puede observar en la figura 3 el tanque colector es el equipo encargado de almacenar el agua con los nutrientes para desplazar por todo el circuito de drenaje hasta el punto más alto, luego por gravedad se irá segregando hasta el recipiente nuevamente, por lo que es necesario que se ubique en la parte más baja del cultivo. El material de fabricación puede ser polietileno, PVC o fibra de vidrio, aunque también puede ser de metal tratado interiormente con pintura epóxica.

El volumen del recipiente va a estar enfocado a la cantidad de agua que cabe por las cañerías más un 20% adicional, debido a que las plantas también segregan líquidos y su volumen puede expandirse a medida que pasa el tiempo.

El suministro de nutrientes y fertilizantes debe realizarse directamente al tanque por medio de unos depósitos madre que permiten mantener control del PH de la solución y su conductividad eléctrica. Estos parámetros harán que no sea un ambiente nocivo para la plantación.

La electrobomba permitirá desplazar el fluido por todo el circuito hídrico de la plantación para generar el suministro de nutrientes a todo el cultivo y tomará el fluido del recipiente base. Dependiendo el prototipo hay sistemas temporizados que se encargan de encender y apagar el equipo para generar ciclos de hidratación al cultivo.

Las tuberías de distribución permitirán realizar la plantación del cultivo adicionalmente llevarán los fluidos con los nutrientes. Normalmente estos ductos pueden ser fabricados en PVC y/o polietileno y el diámetro del tubo estará determinado por el caudal que deberá circular por sus canales. Dado el caso que es requerido una mínima altura de nivel de agua que no debe superar los 4 o 5 mm ya que garantizará de esta manera la oxigenación de las raíces. Adicionalmente las longitudes no deben superar los 15 m, ya que se debe garantizar unas condiciones apropiadas a lo largo del conducto para evitar la falta de oxígeno disuelto en la última parte del tubo y a lo largo de todo el circuito. Por último, la inclinación debe estar en un 1 – 2 % para garantizar el flujo del agua y evitar que exista una velocidad de flujo alta lo cual afectaría la absorción de nutrientes por parte de la raíz (Cañadas, 2003).

- **Ventajas:**

- Uso eficiente del agua.
- Es especialmente útil para ser usado en espacios reducidos.
- Optimización del espacio donde cabe un mayor número de plantas por área.
- Se requiere menor tiempo de trabajo para manutención de las plantas.
- Debido a que no se requiere el uso de suelo, no se requiere rotación de cultivos.
- Reducción en uso de agroquímicos contaminantes.

- **Desventajas:**

- Elevado costo inicial de inversión.
- Conocimiento de la botánica de la especie a cultivar, ya que cada especie de planta requiere nutrientes diferentes.
- Siembra sobre igual piso o adecuación térmico del entorno.

- **Raíces en agua NGS:** El sistema NGS es un tipo de cultivo hidropónico que se caracteriza por la ausencia de algún tipo de sustrato; lo que quiere decir es que es un cultivo en el que las raíces se desarrollan en una disolución nutritiva recirculante

(DNR) que circula por un circuito cerrado. Esto permite el ahorro de agua y fertilizantes.

Este tipo de cultivo se discurre por el interior de un conjunto de láminas de polietileno las cuales deben estar superpuestas en tipo “V”. esta disposición permite que las láminas sirvan de camino para el fluido, luego que el agua y nutrientes recorren un tramo más o menos prolongado, pasa a la siguiente lamina, comunicados por una serie de agujeros en la parte inferior o en las caras laterales de dichas láminas. Las láminas permiten que la DNR retire los iones no asimilados y los compuestos excretados por las raíces esto ayuda a tener un excelente manejo del O₂ y CO₂ dentro del sistema (J. M. Durán).

Figura 4

Sistema hidropónico raíces en agua NGS



Nota: Adaptado de *Esquema basico de cultivo hidróponico NGS*. Por New Growing System, 2023. Tomado de: <https://ngsystem.com/multibanda/>.

○ **Ventajas:**

- Es un sistema de fácil instalación y económico.
- Altas producciones.
- Circuito cerrado que ahorra agua y nutrientes.
- Mantiene el sistema aireado y admite la incorporación de cualquier sistema de desinfección de DNR.
- Permite la inspección rápida de la raíz.
- Permite realizar el cambio de cultivo con gran rapidez e higiene.

○ **Desventajas:**

- Requiere control estricto sobre el riego.
- Condiciones específicas por especie de planta.
- Control automatizado de riego que requiere alta inversión.

5.1.2. Espacio requerido

La cantidad de espacio que se necesita para un sistema hidropónico dentro de un hogar puede variar según el tipo y tamaño del sistema, así como la cantidad y el tipo de plantas que se desean cultivar. Sin embargo, en general, los sistemas hidropónicos pueden ser muy compactos y pueden adaptarse a espacios pequeños.

Por ejemplo, algunos sistemas hidropónicos de interior que se venden comercialmente tienen un tamaño similar al de una pequeña caja o contenedor y pueden caber fácilmente en una mesa, un estante o un rincón de una habitación. Estos sistemas suelen estar diseñados para cultivar hierbas, lechugas y otras plantas pequeñas.

Figura 5

Ejemplos de pequeños cultivos en hogares



Nota: escenarios para el cultivo hidropónico en hogar. Tomado de: Godio, (2021). Los 7 mejores kits y sistemas de jardín interior, según los expertos. <https://www.nbcnews.com/select/shopping/best-indoor-garden-kits-ncna1267376.s:/ww.n>

Si se quiere cultivar plantas más grandes, como por ejemplo tomates, se necesitará más espacio y un sistema hidropónico más grande. En este caso, se puede necesitar una sala o un espacio específico dedicado al cultivo (invernadero), aunque aun

así los sistemas hidropónicos pueden ser más compactos que los sistemas de cultivo convencionales.

También existen sistemas hidropónicos verticales son una excelente opción para interiores, ya que permiten cultivar una gran cantidad de plantas en un espacio reducido. Estos sistemas consisten en estructuras verticales con varios niveles, en los que se pueden colocar las macetas con las plantas y los recipientes con la solución nutritiva, aprovechando el espacio vertical que puede estar desperdiciado en un hogar.

Figura 6

Sistema hidropónico vertical



Nota: Referencia tipo de cultivo aeropónico Tomado de: Foody, (2022). Esquema básico a tamaño real de un cultivo hidropónico vertical. por). Tomado de: <https://foodyverticalgarden.com/.tps>

Por otra parte, se pueden instalar sistemas hidropónicos tipo NFT pueden ser muy compactos y eficientes en el uso del espacio; permiten controlar la calidad del cultivo, ya que se puede monitorear y ajustar los niveles de nutrientes, pH, temperatura, humedad y luz, lo que puede resultar en plantas más saludables y productivas. utilizan mucha menos agua que los sistemas de cultivo convencionales, ya que el agua se recircula y se utiliza de manera más eficiente y reducir la incidencia de plagas y enfermedades, ya que se encuentra en un ambiente controlado.

Figura 7

Sistema hidropónico NFT



Nota: escenarios para el cultivo hidropónico en hogar. Tomado de: Godio, (2021). Los 7 mejores kits y sistemas de jardín interior, según los expertos. <https://www.nbcnews.com/select/shopping/best-indoor-garden-kits-ncna1267376.s:/ww.n>

5.1.3. Materiales

Teniendo como referencia que los modelos más compactos, eficientes y de más fácil uso son los sistemas basados en el NFT, los materiales básicos de construcción que se requieren serían los siguientes:

- Canaletas o tuberías: es el componente principal del sistema NFT y debe ser lo suficientemente ancho para que las raíces de las plantas puedan crecer y recibir suficiente oxígeno. El canal o tubo puede ser de PVC u otro material resistente.
- Bomba de agua: se utiliza para hacer circular la solución nutritiva a través del canal o tubo de cultivo.
- Tanque de nutrientes: es donde se prepara la solución nutritiva y se almacena antes de ser bombeada al canal o tubo de cultivo.
- Medidor de pH y EC: son necesarios para medir la acidez y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva.

- Mangueras y conexiones: se utilizan para conectar la bomba de agua al canal o tubo de cultivo y para conectar el canal o tubo de cultivo al tanque de nutrientes.
- Material de soporte para las plantas: se utiliza para sostener las plantas en su lugar dentro del canal o tubo de cultivo. Pueden ser macetas, cubos de cultivo hidropónico o cualquier otro material adecuado para sostener las raíces de las plantas.
- Sustrato (Foamy para agricultura): es un material absorbente que permite la fácil y rápida germinación de las semillas. Es importante darle este soporte a la planta para que pueda crecer de una manera más práctica.

5.1.4. *Materia prima*

Para comenzar a realizar el montaje de un sistema de cultivo hidropónico, es necesario tener en consideración los siguientes materiales esenciales:

- Semillas: son esenciales para poder cultivar y recolectar las verduras que se desean recolectar. Hay que aclarar que deben ser semillas aptas para el cultivo hidropónico, las cuales se pueden conseguir en cualquier supermercado de grandes áreas.
- Sustrato con nutrientes: es el medio por el cual se disuelven todos los nutrientes que requiere una planta para su crecimiento y desarrollo.
- Agua potable: se debe evitar utilizar agua del grifo, ya que lo que se busca es que el agua contenga las menores cantidades de conductividad eléctrica posible, es por eso por lo que se recomendaría utilizar agua embotellada.

5.1.5. *Tipo de verduras que se pueden cultivar*

Este sistema permite cultivar una gran variedad de plantas de verduras y frutas, pero es importante asegurar que el sistema cuente con el espacio requerido, una

adecuada instalación, luz natural y sobre todo los cuidados que requiere. Las plantas que crecen bien en ambientes de alta humedad, temperaturas cálidas y tienen un ciclo de crecimiento rápido, son buenas opciones para el cultivo en sistemas NFT en interiores. (M^a Belén Acosta, 2019). Además, las plantas de raíz poco profunda que no requieren un gran volumen de sustrato y serían ideales para los sistemas NFT. Algunos ejemplos se pueden enlistar a continuación:

- **Verduras de hojas verdes:**

- Lechugas (de diferentes variedades)
- Espinacas
- Acelgas
- Rúcula
- Berros
- Mostaza
- Pak choi (col china)

- **Verduras de fruto:**

- Tomates cherry
- Pimientos y chiles
- Pepinos
- Calabacines y calabazas (de variedades más compactas)

- **Verduras de raíz:**

- Zanahorias (de variedades más cortas)
- Remolachas (de variedades más cortas)
- Cebollas verdes

- **Otros vegetales:**

- Apio
- Brotes de soja y de diferentes semillas
- Frijoles y guisantes
- Fresas

Cada uno de estos grupos de vegetales puede tener diferentes requisitos de nutrientes, pH y condiciones de crecimiento, por lo que es importante investigar y comprender las necesidades específicas de cada planta antes de cultivarlas en hidrocultivo.

Por motivo del estudio y habiendo realizado un análisis independiente, se evidencia que la lechuga es de las plantas más fáciles de cultivar lo que haría que si las personas quisieran tomar la decisión de aprender a cultivar este vegetal para su propio consumo, que sea más versátil y fácil de iniciar el proceso. Si la persona le agrada la idea, podría continuar generando un aprendizaje continuo para cultivar otras variedades de plantas.

5.1.6. Lechuga

La lechuga es un vegetal que se adapta muy bien a la hidroponía por varias razones:

- **Crecimiento rápido:** La lechuga es una planta que tiene un ciclo de crecimiento relativamente corto, lo que significa que se puede cultivar en ciclos rápidos en hidroponía. Esto permite cosechar varias veces al año, lo que aumenta la productividad del cultivo.
- **Necesidades de nutrientes simples:** La lechuga es una planta que requiere nutrientes relativamente simples para crecer. En hidroponía, se puede proporcionar una solución

de nutrientes específica que cumpla con las necesidades de la planta, lo que simplifica el proceso de cultivo.

- Resistencia a enfermedades: La lechuga es una planta que generalmente es resistente a enfermedades, lo que significa que hay menos posibilidades de que se enferme y se pierda la cosecha.
- Facilidad de manejo: La lechuga es un vegetal que no requiere mucho espacio para crecer y se puede cultivar en sistemas de cultivo hidropónico de tamaño pequeño o mediano. Además, la lechuga no requiere polinización, lo que la hace fácil de manejar y cultivar en un ambiente controlado.

La lechuga es un vegetal fácil de cultivar en hidroponía debido a su rápido crecimiento, necesidades de nutrientes simples, resistencia a enfermedades y facilidad de manejo.

Esto hace que sea una excelente opción para los agricultores que desean comenzar a cultivar en hidroponía y también para los jardineros caseros que buscan una manera fácil de cultivar sus propios vegetales frescos.

5.1.7. Tipos de Lechugas

La lechuga es considerada como un alimento de excelente fuente de vitaminas, agua (92% de su estructura es agua) y pocas calorías, lo que lo hace un excelente alimento que complementa una dieta sana. Adicionalmente, es ideal para combatir el insomnio, las alteraciones nerviosas, acidez estomacal, entre otros. (comercializadora hydro environment, 2023)

Todas las especies de lechugas se derivan de una misma especie llamada *Lactuca Sativa*, de la cual pertenecen más de 100 variedades. Con el fin de saber qué tipo de lechuga es más conveniente sembrar en un cultivo hidropónico, se relacionan las especies más comunes:

- **Lechugas de cabeza:** estas lechugas se caracterizan por ser grandes, de color verde intenso, hojas que se envuelven entre sí y que la hacen parecida a un repollo. Pueden llegar a medir entre 12 – 18 centímetros de diámetro. Debido a su morfología, tienden a ser muy pesadas, por tal motivo son especiales para ser manejadas con sustratos. No son aptas para cultivar en técnicas con raíz flotante (NFT y NGS), ya que al ser tan grandes y que no tengan soporte, pueden deformarse.

De esta variedad se pueden distinguir dos tipos; la acogollada, donde sus hojas están sueltas envolviendo un tras de otra y la arrepollada, donde sus hojas crecen de manera envolvente como en el repollo.

Figura 8

Lechuga arrepollada vs acogollada



Nota: Característica física de la lechuga de cabeza. Tomado de: hydroenv (2023).
 Catalogo. Características y variedades de lechugas hidropónicas
https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=293x.

- **Lechuga de hoja suelta:** Es un tipo de lechuga apropiado para huertas bajo techo, en hogares o escuelas, ya que es muy fácil de cultivar. Existen dos tipos: de hojas crespas, las cuales son grandes y compactas lo que hace que las hojas sean verde claro, bordes rojos, entre otras; hojas suaves, como su nombre lo indica son lechugas de hojas suaves, onduladas y de sabor muy agradable.

Por su facilidad de cultivo, pueden ser sembradas en sistemas NFT o NGS.

Figura 9

Lechuga de hoja suelta



Nota: Característica física de la lechuga hoja suelta. Tomado de: hydroenv (2023).
Catalogo. Características y variedades de lechugas hidropónicas
https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=293x.

- **Lechuga de Simpson Var:** Son de hojas grandes y tienen un color que tiende a ser amarillento. Crece muy rápidamente (45 días), lo que puede hacer que se pueda cosechar desde la tercera semana. Son muy frágiles y hay que tener cuidado si se trasplantan.

Figura 10

Lechuga Simpson Var



Nota: Característica física de la lechuga tipo Simpson Var. Tomado de: hydroenv (2023). Catalogo. Características y variedades de lechugas hidropónicas
https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=293x.

- **Lechuga Vulcan Var:** Tienen tintes rojizos en los extremos de sus hojas, lo que las hace muy llamativas a la vista. Su color característico se debe al contenido de antocianinas de sus hojas, estas son onduladas, tiernas y de gran sabor.

Figura 11

Lechuga Vulcan Var



Nota: Característica física de la lechuga tipo Vulcan Var. Tomado de: hydroenv (2023). Catalogo. Características y variedades de lechugas hidropónicas https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=293x.

- **Lechuga Boston Var:** es conocida como la lechuga mantecosa, debido al sabor que la caracteriza. Se puede identificar si la lechuga esta fresca, rascando el cogollo el cual debe oler dulce. Se caracteriza por ser redonda, hojas finas, muy crocante y textura tipo manteca.

Figura 12

Lechuga Boston Var



Nota: Característica física de la lechuga Boston Var. Tomado de: hydroenv (2023). Catalogo. Características y variedades de lechugas hidropónicas https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=293x.

- **Lechuga Italiana Var.** Ampliamente utilizada en diferentes platillos, es una lechuga en forma de cono, tiene hojas rizadas, robustas y largas, las cuales son sueltas y unidas en su tallo. Tiene una textura crujiente y un sabor intenso, es adaptable en diversos climas. Sin embargo, es una planta muy pesada para cultivar en un sistema hidropónico.

Figura 13

Lechuga Italiana Var



Adaptado de Característica física de la lechuga tipo Italiana Var. Tomado de: hydroenv (2023). Catalogo. Características y variedades de lechugas hidropónicas https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=293x.

- **Lechuga Tipo Baby.** Son lechugas de triple color con alto nivel para moldear. Sus hojas son cortas, amplias y produce una cosecha uniforme.

Figura 14

Lechuga tipo baby



Nota: Característica física de la lechuga tipo baby. Tomado de: hydroenv (2023). Catalogo. Características y variedades de lechugas hidropónicas https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=293x.

5.2. Marco Referencial

Existen varios estudios y proyectos de investigación sobre la instalación de cultivos hidropónicos en los hogares en los últimos años. Algunos de los temas de investigación incluyen la eficiencia del uso del agua y los nutrientes, la calidad y el sabor de los cultivos hidropónicos en comparación con los cultivados en el suelo, y los efectos positivos de los cultivos hidropónicos en el bienestar y la salud de las personas.

Por ejemplo, un estudio publicado en la revista PLOS ONE en 2020 investigó la viabilidad técnica y económica de los sistemas de cultivo hidropónico en los hogares, y

encontró que estos sistemas pueden ser más eficientes en el uso del agua y los nutrientes que los sistemas de cultivo convencionales, también pueden reducir la contaminación del agua y la necesidad de pesticidas. (Chito. 2015, p. 15)

La instalación de cultivos hidropónicos en los hogares es técnicamente viable y cada vez más popular, ya que ofrece una forma conveniente y sostenible de cultivar plantas sin suelo y con un consumo de agua reducido. Los cultivos hidropónicos en el hogar se pueden hacer utilizando sistemas de baja tecnología, como recipientes con nutrientes líquidos y mechas, o sistemas de alta tecnología, como sistemas de riego automatizados y sensores de nutrientes. (Dimitra I. et.al, 2023)

Además, existen varios proyectos y programas de educación y capacitación en todo el mundo para fomentar la instalación de cultivos hidropónicos en los hogares, especialmente en áreas urbanas donde el espacio para el cultivo al aire libre es limitado. Estos programas buscan mejorar la seguridad alimentaria, fomentar la agricultura urbana sostenible y mejorar la salud y el bienestar de las personas. (Pomoni, et.al, 2022)

Los sistemas hidropónicos en el hogar pueden ser especialmente beneficiosos para aquellas personas que viven en áreas urbanas con espacio limitado para cultivar plantas al aire libre, así como para aquellos que buscan una forma más sostenible y saludable de cultivar sus propias frutas, verduras y hierbas en casa.

Sin embargo, antes de instalar un sistema hidropónico en su hogar, es importante tener en cuenta varios factores, como el espacio disponible, la cantidad de luz natural disponible, la calidad del agua y la disponibilidad de nutrientes. Además, es importante seguir las instrucciones de instalación y mantenimiento cuidadosamente para asegurar que el sistema funcione correctamente y evitar problemas como la sobrealimentación de nutrientes, que pueden ser perjudiciales para las plantas.

Por ejemplo, un estudio realizado en el municipio de puerto tejada Colombia donde se detalla la manera correcta para cultivar lechugas con un sistema hidropónico, esta referenciado en el proceso de cultivo los requerimientos técnicos que se deben tener en cuenta (Barona, 2020, p. 52). Así como también, el estudio realizado sobre los sistemas hidropónicos adecuados para la producción urbana de alimentos en áreas marginales de Cali detalla los resultados obtenidos de plantar diferentes especies de

alimentos adecuados para estos tipos de sistemas y que dan resultados satisfactorios, tanto de crecimiento como de sabor y nutrientes (Alzate, 2020, p.73)

5.3. Marco normativo

Según la investigación realizada sobre la agricultura y cultivos relacionados con las diferentes técnicas de hidroponía que existen, no hay una ley específica o una norma que se encuentre establecida en Colombia que regule, controle, parametrize, reglamente y controle este tipo de cultivos. Sin embargo, hay algunas normas específicas que aplican indirectamente al uso de este tipo de técnicas para realizar plantaciones. Es así como se pueden desprender dos aspectos muy relevantes acerca de las normatividades aplicables al uso de cultivos hidropónicos:

- Uso de fertilizantes: existe normas que permiten parametrizar el uso de fertilizantes en Colombia donde se muestran las normas técnicas y certificaciones requeridos.
- Control de residuos plásticos: en el año 2021 se relaciona el Plan Nacional para la Gestión Sostenible de los plásticos de un Solo Uso.

Tabla 1.

Marco legal colombiano respecto al sector medio ambiental

Norma	Descripción	Contexto
Constitución Política de Colombia	Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano.	La constitución siendo la norma de normas categoriza como una ley muy importante donde el Estado debe garantizar que los ciudadanos vivan en un ambiente sano y puedan disfrutar del entorno.
	Artículo 80. Planificación del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales.	
	Artículo 95. Protección de los recursos culturales y naturales del país.	
	(Asamblea Constituyente de Colombia, 1991)	

Tabla 1.
(Continuación)

Norma	Descripción	Contexto
Decreto ley 2811 de 1.974	Código Nacional de los recursos naturales renovables, no renovables y de protección al medio ambiente. (Decreto Publicado en el Diario Oficial No.34243, 1974)	Hace referencia a que el ambiente es un patrimonio común y todos (el Estado y la comunidad) deben procurar su preservación y darle el manejo adecuado.
Ley 99 de 1993	Crea el Ministerio del Medio Ambiente y Organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA).	Organiza el sistema Nacional Ambiental y exige la planificación de la gestión ambiental de proyectos, fundamentos de política ambiental, licenciamientos ambientales, entre otros.
Decreto 1124/99	Por el cual se reestructura el Ministerio del Medio Ambiente. (diario oficial No. 43624., 1999)	Plantea los objetivos, funciones, estructura, plantea los recursos y plantea las desviaciones que puede tener el Ministerio de Medio Ambiente
Ley 1753 de 2015	Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 (Diario Oficial N 49538, 2015)	Es un plan que se encarga de la educación como instrumento social y crecimiento económico en el largo plazo. Busca proteger, prevenir o impedir la ocurrencia de un hecho, actuación y/o daño que atente contra la vida, la integridad de las personas, la seguridad, el medio ambiente o intereses
Decreto 2150 de 1995 y sus normas reglamentarias.	Reglamenta la licencia ambiental y otros permisos. Diario Oficial N 42137, 1995	Decreto mediante el cual permite definir casos de presentar los planes de manejo ambiental y estudios de impacto ambiental.
Norma Técnica colombiana (NTC 2879)	Normas técnicas colombianas sobre Fertilizantes. (ICONTEC) NTC 2879., 2011	Esta norma habla acerca de los productos químicos industriales para uso agropecuario, abonos o fertilizantes usados en cultivos hidropónicos
Plan Distrital de Desarrollo	– Bogotá Camina Tranquila (2024-2027)	Plan distrital de Desarrollo que contempla 2024 – 2027 para volver la ciudad más sostenible en aspectos sociales, ambientales, jurídicos y gubernamentales.

Nota: Tabla normas colombianas para el sector medio ambiente.

6. MARCO METODOLÓGICO

Con el fin de lograr el completo desarrollo del presente trabajo, se deben llevar a cabo un conjunto de actividades ordenadas que permitan conocer que los resultados sean acordes a los objetivos planteados y llegar a la satisfactoria respuesta del problema.

Debido a que el presente estudio se enfoca en la viabilidad del proyecto, se efectuará una metodología correlacional, la cual hace un análisis paralelo frente a las situaciones versus las variables. Se realizará una observación de como los hogares pueden tomar la iniciativa, si les llama la atención por medio de las encuestas y sobre ello tomar un enfoque hacia la respuesta al problema. Adicionalmente, se consultarán fuentes bibliográficas de alta confiabilidad acordes al tema (Arias, 2014).

Es importante recalcar que el estudio y encuestas que se realicen se debe basar en experiencias reales de las personas, y validar si instalando estos equipos para sus propios cultivos, satisfacen sus necesidades. Se debe plantear preguntas, del tipo de encuesta cara a cara, que permitan atender un gran rango de edad, de sexo y de experiencias que permitan delimitar el objetivo, así como ayudar a definir el mejor lugar donde pueda situarse el sistema dentro del hogar.

Los artículos, textos, documentos e información serán consultados haciendo uso de la herramienta suministrada por parte de la Fundación Universidad de América referido al sistema integrado de bibliotecas de todo el país, consultando el estado y estudios actuales sobre los cultivos hidropónicos. La herramienta virtual, como el internet, también será de vital importancia en el momento de adquirir información pertinente al tema.

Algunos catálogos e información técnica brindada por empresas y proveedores serán de gran utilidad para validar los requerimientos técnicos de los equipos que requiere el sistema, su funcionamiento y mantenimiento.

Evaluar el conocimiento y experiencia de algunas personas que ya tienen cultivos hidropónicos a nivel industrial o en jardines con el fin de conocer la perspectiva de quien ya ha utilizado estos sistemas.

Validar el impacto ambiental que pueda generar este tipo de cultivos, el equipo y cómo afectaría la salud de quienes lo utilizan.

Finalmente evaluar el estudio financiero de cuanta sería la inversión y cuando se obtendría el retorno de cada uno de los hogares que pensarán instalar este tipo de sistemas.

6.1. Fuente de Información Primaria

La recolección de información primaria se realizará mediante una encuesta aplicada a los residentes de la ciudad de Bogotá ubicados en los estratos 4, 5 y 6. Lo anterior se debe a que se estima que estos hogares pueden tener un mayor espacio para realizar los cultivos hidropónicos dentro de sus hogares, podrían tener los recursos y disponibilidad para implementar estos sistemas. Por tal motivo, es necesario conocer la densidad poblacional de estos sectores de la ciudad de Bogotá para poder establecer una muestra poblacional para realizar las encuestas.

Según un estudio realizado por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, durante la encuesta multipropósito de 2017 se evidencio que en Bogotá “viven en el estrato 1, 2 y 3 hasta 6,9 millones de personas (86,04%); en el 4 habitan 757.923 (9,42%); y en el 5 habitan 240.570 (2,99%) y 6 apenas 124.889 (1,55%)”¹.

Bogotá es una de las 50 ciudades con mayor número de habitantes del mundo (Franco, 2018), lo que hace necesario realizar una división estratégica para poder evaluar la viabilidad del proyecto. Dentro de las muchas maneras de segmentar la población, se encontró que en un estudio realizado por la Pontificia Universidad Javeriana y publicado por la revista portafolio, muestra que los estratos 4, 5 y 6 son los estratos con mayor área de habitabilidad disponible con un promedio de más de 75 m², lo cual genera una gran diferencia con los estratos socioeconómicos 1, 2 y 3 que en promedio pueden contar con tan solo 33 m² (Torres, 2019) esto genera una visión y conclusión previa que los estratos altos serían un punto base para entrar a evaluar si dichos hogares pueden tener la capacidad de instalar cultivos hidropónicos dentro de sus hogares. Sin embargo, con el fin de facilitar el estudio y el proceso de las tomas de las encuestas, se toma como referencia el muestreo por conveniencia del estrato 3, donde

¹ En el estudio de investigación de Riaño, se hace referencia a la distribución poblacional por estratos que tuvo la ciudad de Bogotá en el año 2019.

por indagaciones de los autores se realiza las entrevistas a algunas personas de este estrato dando como resultado que pueden vivir en hogares familiares con un área considerable donde pudieran instalar este tipo de cultivos en sus hogares.

Esta información poblacional no permitirá establecer la muestra poblacional para realizar la aplicación de las encuestas.

6.1.1. Técnica (Cuantitativa o cualitativa)

En el presente trabajo se realizará la aplicación de técnicas cualitativas para la recolección de la información a través de una encuesta dirigida a una muestra de la población sobre el estudio de factibilidad del diseño y montaje de sistemas de cultivos hidropónicos de lechuga en los hogares ubicados en los estratos 4, 5 y 6. Adicionalmente se selecciona un muestreo a conveniencia para facilidad del estudio para personas que vivan en el estrato 3.

6.1.2. Determinar grupo de estudio (Tamaño de la muestra)

Para la presente investigación se requiere conocer el número total de ciudadanos de la ciudad de Bogotá que vivan en los estratos socioeconómicos 3, 4, 5 y 6. Para calcular el tamaño de la muestra se utilizara la siguiente ecuación:

Figura 15

Fórmula para cálculo de tamaño de muestra

$$n = \frac{(N\sigma^2 Z^2)}{e^2(N - 1) + \sigma^2 Z^2}$$

Nota: adaptado de ¿Cómo determinar el tamaño de la muestra de una investigación de mercados? Muguiru, A. (2023). Obtenido de Question Pro: <https://www.questionpro.com/blog/es/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra/>

n: tamaño de la muestra

N: Población total, en el 4 habitan 757.923 (9,42%); y en el 5 habitan 240.570 (2,99%) y 6 apenas 124.889 (1,55%), se estimaría un total 1'123.382 personas

σ : Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5.

Z: Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación con el 95% de confianza equivale a 1,96 (como más usual) o en relación con el 99% de confianza equivale 2,58. Para el presente estudio se toma el valor más usual del 1.96, el cual se deriva del cálculo de $\alpha=0.05$ y con este valor encontramos el valor de Z en la tabla de distribución normal.

e: Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09). Para el presente estudio se definió un valor de 0,09.

Tabla 2

Tabla resumen poblaciones de estratos 4, 5 y 6 de la ciudad de Bogotá

ESTRATO	POBLACIÓN	%
ESTRATO 4	757.923	67,47%
ESTRATO 5	240.570	21,41%
ESTRATO 6	124.889	11,12%
TOTAL	1.123.382	100,00%

Nota: Tabla resumen densidad poblacional de estratos 4, 5 y 6 de la ciudad de Bogotá. Tomado de: Riaño, N. C. (27 de mayo de 2019). *Conozca cómo es el mapa de los estratos en las grandes ciudades de Colombia*. Obtenido de La República: <https://www.larepublica.co/economia/este-es-el-mapa-de-los-estratos-en-las-grandes-ciudades-del-pais-2866032>.

Relacionando los datos anteriores en la siguiente fórmula se tiene que:

$$n = \frac{(1.123.382 * 0,5^2 1,96^2)}{0,09^2(1.123.382 - 1) + 0,5^2 1,96^2} = 118,55 = 119 \text{ Personas}$$

En total se requieren 119 personas para realizar las encuestas y según la tabla 2 se deben repartir de la siguiente manera:

- Estrato 4: 80 personas
- Estrato 5: 26 personas
- Estrato 6: 13 personas

Adicionalmente, se relacionan las siguientes preguntas para dar una imagen de las personas a las que se les piensa realizar la encuesta, donde puedan prever si la necesidad que se les plantea puede satisfacer una necesidad que aún no conocen. Esta se considerará como una encuesta analítica donde con base en las respuestas se pueda

explicar y describir la solución pertinente. Por tal motivo, las preguntas realizadas a la muestra poblacional son las siguientes:

1. Estrato socioeconómico en el que vive
2. ¿Cuántas personas viven en su hogar?
3. ¿Cuántas personas generan ingresos en su hogar?
4. ¿Le gusta las lechugas?
5. Dentro de su canasta familiar, ¿usualmente se alimenta de legumbres y vegetales?
6. Por ejemplo, ¿Cuánto dinero invierte semanalmente usted en la compra de lechugas para la alimentación de su familia?
7. ¿Con que frecuencia consume lechuga?
8. ¿Sabe usted que es un cultivo hidropónico?
9. ¿Cuáles cree que son los beneficios de los cultivos hidropónicos?
10. ¿Qué percepción tiene usted acerca de los cultivos hidropónicos?
11. ¿En su hogar cuenta con un espacio de por lo menos 1m x 1m para instalar un cultivo hidropónico?
12. ¿Estaría dispuesto a utilizar ese espacio disponible para obtener pequeños cultivos hidropónicos donde pueda sembrar sus propios alimentos?
13. ¿Considera esta una buena iniciativa para comenzar a generar cambios de hábitos, de consumo e impacto que puede generar el ser humano?

7. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Se realizó una encuesta de manera virtual por medio de un enlace a través de la plataforma de Google Formularios, donde se obtuvo una población a través de conocidos, personas referidas y amigos cercanos que vivían en diferentes estratos socioeconómicos, basado en los resultados de los cálculos del tamaño de la muestra.

Sin embargo, debido a la complejidad de encontrar personas del cuarto estrato socioeconómico, se definió incorporar dentro de la encuesta personas del estrato socioeconómico tres con el fin de incrementar el margen de análisis de las encuestas realizadas.

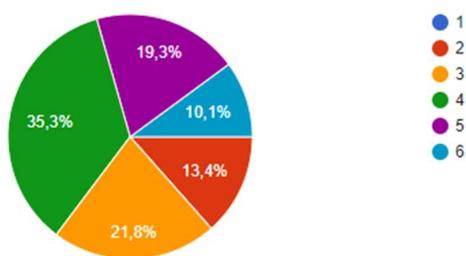
Por lo anterior, se realizaron la encuesta a 119 Personas, de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados (la pregunta N°1 no se tendría en cuenta debido a que son solamente los nombres de los participantes):

En la primera pregunta se buscaba definir el espectro poblacional que vive en los estratos definidos en el alcance del presente estudio.

Figura 16

Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°2 Estrato socioeconómico en el que vive

119 respuestas



Nota: Resumen distribución socioeconómica en los encuestados.

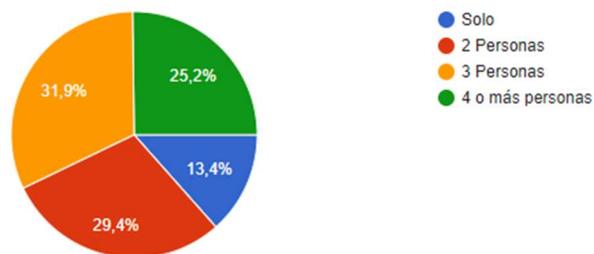
De la anterior tabla se puede determinar que de las 119 personas encuestadas 16 (13.4%) personas del estrato 2, 26 (21.8%) personas del estrato 3, 42 (35.3%) personas del estrato 4, 23 (19.3%) personas del estrato 5 y 12 (10.1%) personas del estrato 6. Dejando un total de 103 personas para el análisis del estudio de viabilidad.

En la pregunta N° 3 Se buscaba entender cuántas personas componen normalmente el núcleo familiar de las personas encuestadas para establecer en que puntos hay mayores probabilidades de que cada una de las personas coloquen su propio cultivo hidropónico.

Figura 17

Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°3 ¿de cuantos integrantes está compuesto su núcleo familiar?

119 respuestas

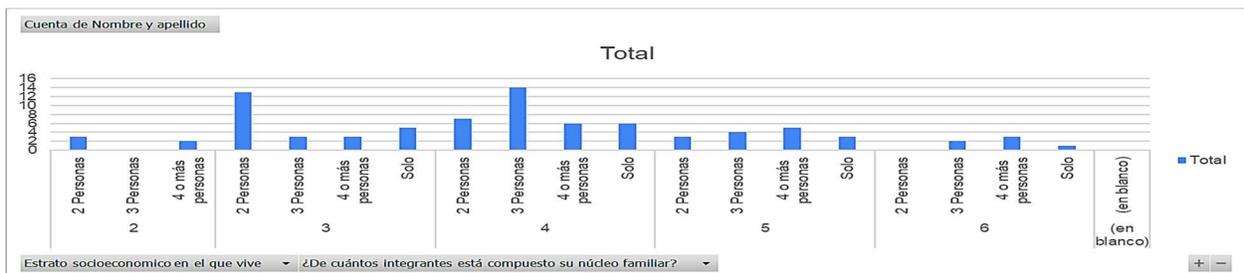


Nota: Resumen de respuestas de cuantas personas conforman el hogar de los encuestados.

De la anterior pregunta se puede analizar que la mayoría de los hogares se componen entre 2 y 3 personas, lo cual es un buen indicio, ya que entre más personas en un hogar se puede generar una mayor probabilidad de convencimiento de que el hogar tenga un cultivo hidropónico.

Figura 18

Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°3



Nota: Resumen de respuestas de cuantas personas conforman el hogar de los encuestados.

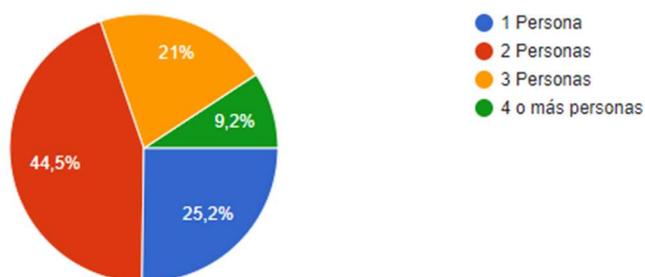
Del anterior cuadro se podría concluir que, dentro de cada estrato socioeconómico, la cantidad de personas varía entre 2 y 3 por hogar, es por lo tanto un buen indicio de enfoque de este tipo de hogares compuestos.

De la siguiente pregunta se desea saber cuántas personas generan ingresos en el hogar, donde se pueda conocer sus necesidades (ahorro) y tiempo que se pueda tener para dedicar un poco al cuidado del cultivo.

Figura 19

Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°4 ¿Cuántas personas generan ingresos en su núcleo familiar?

119 respuestas



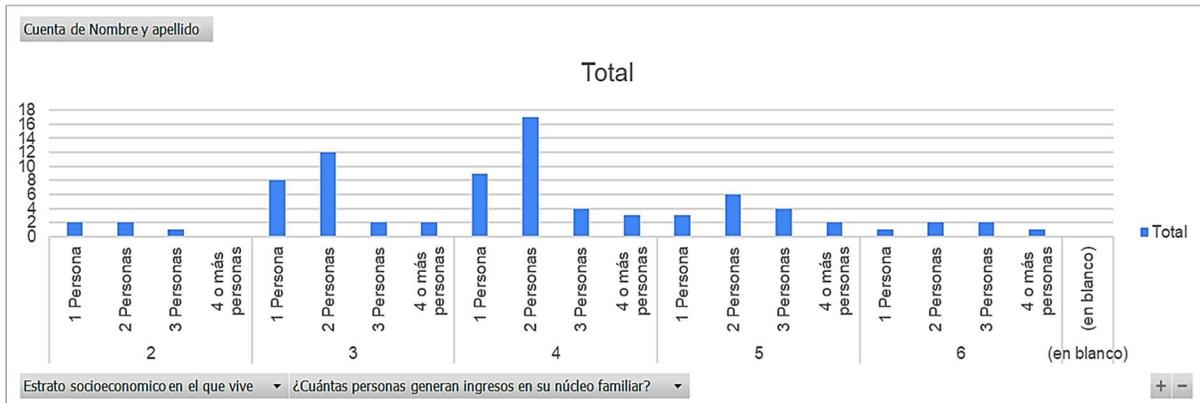
Nota: Resumen de respuestas de cuantas personas generan ingresos en el hogar de los encuestados.

De la anterior pregunta se puede analizar que dentro de las 119 personas encuestadas 53 (44.5%) personas generan ingresos y 30 (21%) hogares generan ingresos 3 personas.

La siguiente figura muestra la distribución entre cada estrato acorde a la pregunta de ¿Cuántas personas generan ingresos en su núcleo familiar?

Figura 20

Encuesta hábitos alimenticios, análisis pregunta N°4



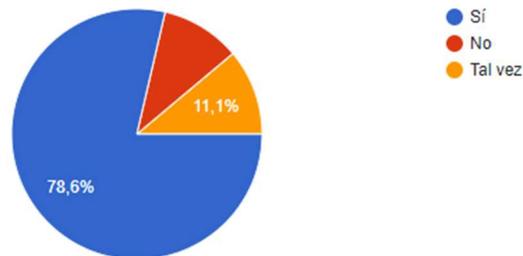
Nota: Resumen de respuestas de cuantas personas generan ingresos en el hogar de los encuestados.

La siguiente pregunta busca identificar el número de personas que dentro de sus gustos alimenticios se encuentra el consumo de cualquier tipo de lechuga.

Figura 21

Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°5 ¿Le gusta la lechuga?

117 respuestas

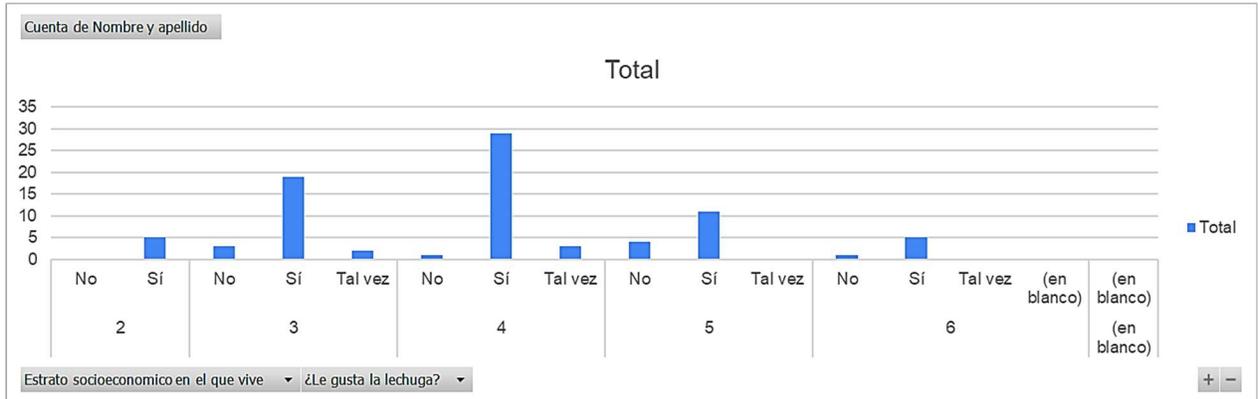


Nota: Resumen de respuestas a si los encuestados les gusta consumir lechuga por estrato social.

De la anterior grafica se puede validar que a 92 personas les gusta las lechugas, a 12 personas no les gusta las lechugas y a 13 personas tal vez les gustaría.

Figura 22

Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°5



Nota: Resumen de respuestas a si los encuestados les gusta consumir lechuga por estrato social.

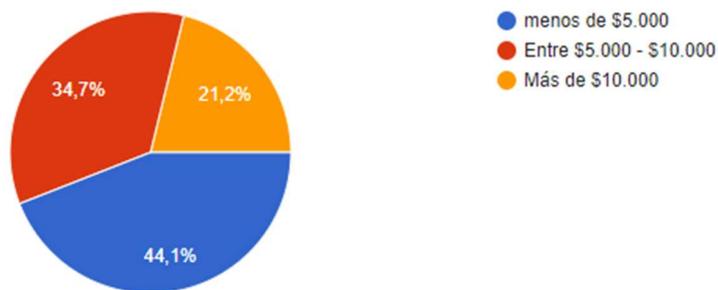
La figura 22 hace relación a la distribución de las personas que, si les gusta la lechuga por estrato, siendo una gran mayoría el sí.

La siguiente pregunta busca entender cuanto puede gastar una persona en la compra de lechuga para su hogar en una semana.

Figura 23

Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°6 ¿Cuánto dinero invierte en la compra de lechugas para la alimentación de usted y su familia semanalmente?

118 respuestas



Nota: Resumen de la inversión que hacen los encuestados para comprar lechuga en la semana.

De la anterior pregunta se puede validar que 53 (44.1%) personas gastan menos de \$5.000 y 42 (34.7%) personas gastan entre \$5.000 y \$10.000 y 25 (21.2%) personas más de \$10.000 pesos colombianos, lo cual puede indicar que las 119 personas

encuestadas invierten e incluyen dentro de su alimentación la lechuga, así no les guste puede que otros miembros de su familia si se alimenten con lechuga o posiblemente, quienes invierten más de \$10.000 en lechuga semanalmente tengan una dieta principalmente vegetariana.

A continuación, se muestra un gráfico con la distribución por estrato de la inversión semanal que realizan las personas.

Figura 24
Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°6

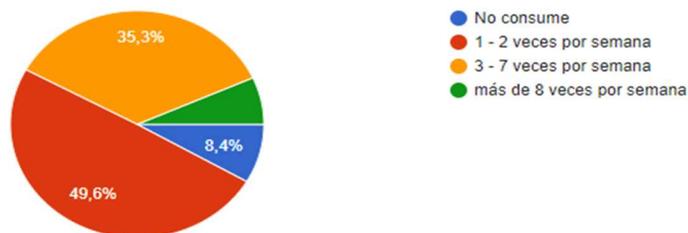


Nota: Resumen de la inversión que hacen los encuestados para comprar lechuga en la semana.

La pregunta N°7 busca analizar si las personas consumen la suficiente lechuga semanalmente con el fin de validar si el consumo semanal puede compensar y suplir la necesidad de las personas a las que se le realizó la encuesta.

Figura 25
Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°7 ¿Con que frecuencia consume lechuga?

119 respuestas



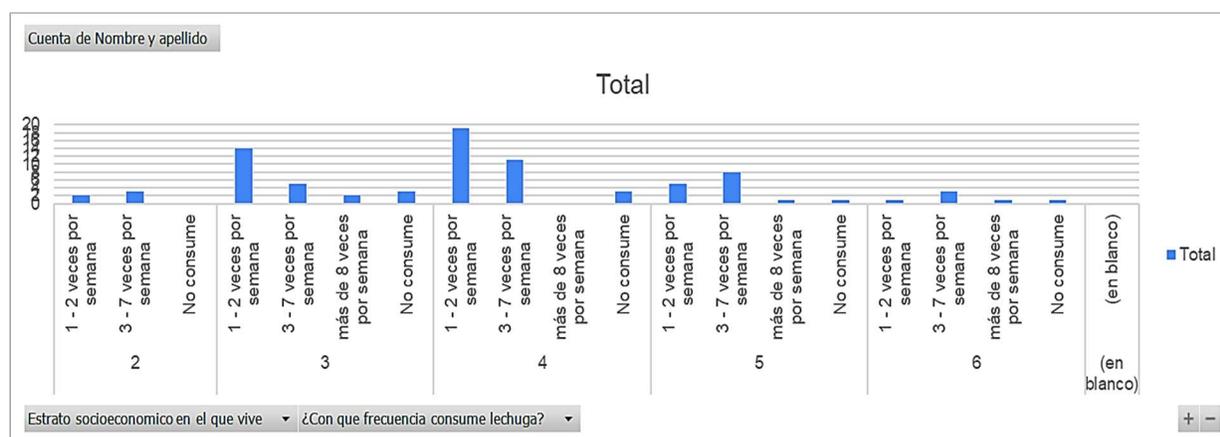
Nota: Resumen del consumo de lechugas por estrato.

De la anterior pregunta se puede observar que la mayoría de las personas comen 1 a 2 veces lechuga por semana (59 personas o 49.6%), 42 (35.3%) personas encuestadas comen lechuga 3 – 7 veces por semana, esto quiere decir que las personas tienen muy buen hábito alimenticio en cuanto a este vegetal refiere.

A continuación, se muestra un gráfico con la distribución por estrato de la inversión semanal que realizan las personas.

Figura 26

Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°7



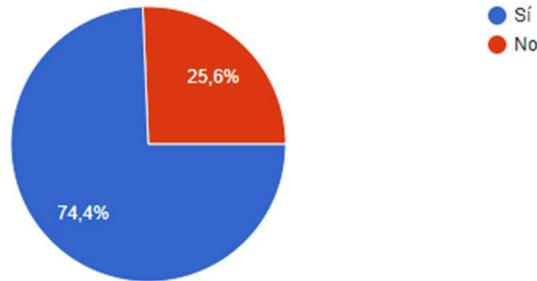
Nota: Resumen del consumo de lechugas por estrato.

La pregunta N°8 refiere a si las personas tienen conocimiento acerca de lo que es un cultivo hidropónico, esta pregunta es muy importante ya que definiría si las personas entienden cómo funciona este tipo de cultivo y enfocaría su respuesta a una pregunta más adelante si están interesados en realizar los cultivos en sus propios hogares.

Figura 27

Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°8 ¿Sabe usted que es un cultivo hidropónico?

117 respuestas



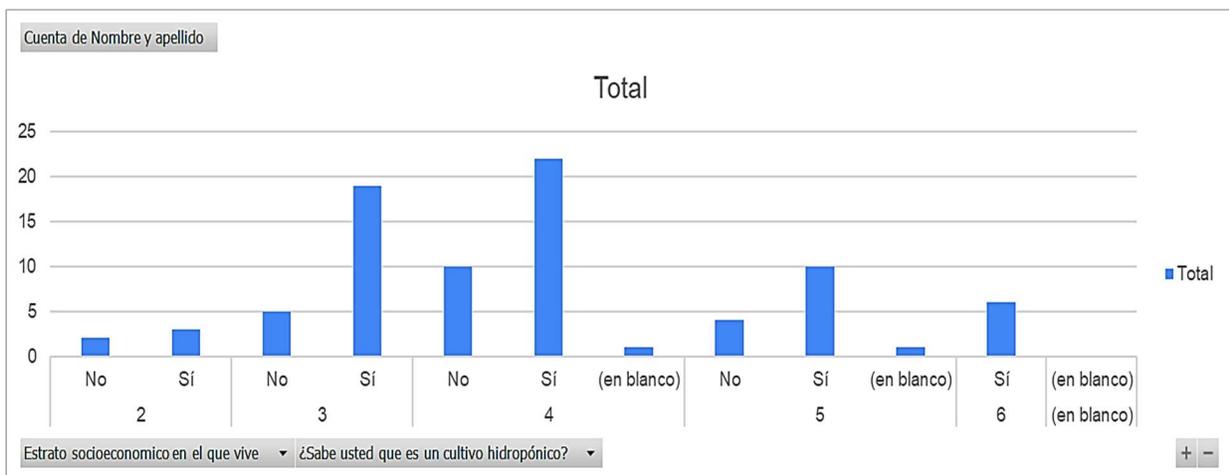
Nota: Resultados si los estratos socioeconómicos evaluados saben que es un cultivo hidropónico.

De la anterior pregunta, se puede concluir que 89 (74.4%) personas saben y entienden lo que significan los cultivos hidropónicos, existen igualmente 30 (25.6%) que no tienen ningún conocimiento de cómo se cultivan productos por medios hidropónicos.

A continuación, se muestra un gráfico con la distribución por estrato de la inversión semanal que realizan las personas.

Figura 28

Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°8



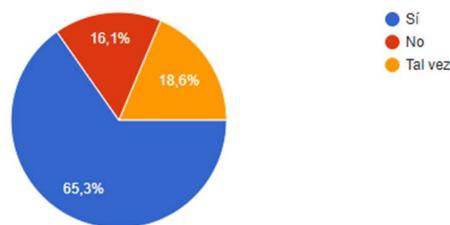
Nota: Resultados si los estratos socioeconómicos evaluados saben que es un cultivo hidropónico.

La Pregunta N° 9 busca entender si las personas, sabiendo lo que es un cultivo hidropónico, han consumido lechugas de este tipo de cultivo, ya que, si lo han hecho, pueden entender el sin número de beneficios que se puede lograr con este tipo de agricultura moderna.

Figura 29

Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°9 ¿Consume, ha consumido o consumiría usted lechuga hidropónica?

118 respuestas



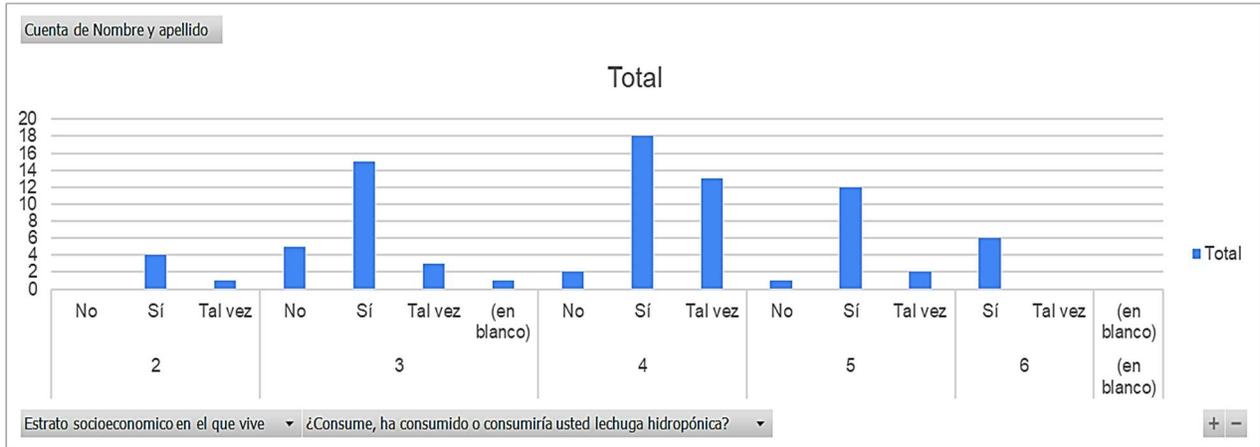
Nota: Resultados de la pregunta que busca conocer si las personas han consumido o consumirían alimentos de cultivos hidropónicos.

De la anterior grafica se puede deducir que 78 (65.3%) personas saben lo que es un cultivo hidropónico e igualmente se alimentan de este tipo de alimentos con beneficios para la salud y el medioambiente. De igual manera 22 (16.1%) personas, aunque pueda que no saben o entienden que es un cultivo hidropónico, es posible que prefieran consumir este tipo de vegetales.

A continuación, se muestra un gráfico con la distribución por estrato de la inversión semanal que realizan las personas.

Figura 30

Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°9



Nota: Resultados de la pregunta que busca conocer si las personas han consumido o consumirían alimentos de cultivos hidropónicos.

La pregunta N° 10 busca entender si las personas saben que los cultivos hidropónicos tienen algunos beneficios importantes para la salud.

Figura 31

Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°10 ¿Cree que los cultivos hidropónicos son beneficiosos para la salud?

117 respuestas



Nota: Resultados de la pregunta que busca averiguar si las personas creen que hay beneficios en los cultivos hidropónicos.

Figura 32

Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°10 ¿Cree que los cultivos hidropónicos son beneficiosos para la salud?

117 respuestas



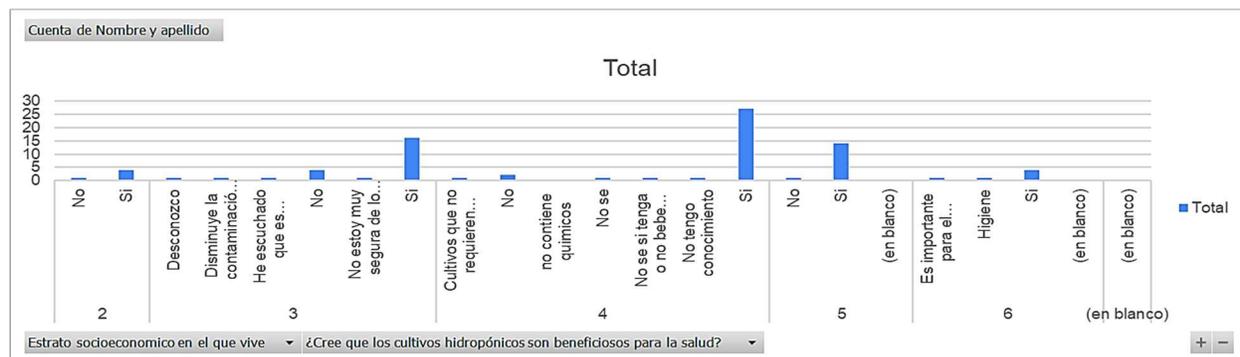
Nota: Resultados de la pregunta que busca averiguar si las personas creen que hay beneficios en los cultivos hidropónicos.

De las anteriores graficas se puede concluir que en general un 74,4% de los encuestados cree que los cultivos hidropónicos traen beneficios a la salud y esto se puede deber a la información, investigación o detalle que cada una de las personas que conocen este tipo de cultivos y saben acerca de sus beneficios. Sin embargo, algunas de las personas conocen parcialmente de los beneficios o inclusive no conocen nada de ellos, lo cual puede ser un factor o una oportunidad para explicar a los encuestados en qué consisten estos factores.

La figura 33 muestra la relación de respuestas en cuanto al conocimiento de los beneficios de los cultivos hidropónicos por estrato, dando como resultado que la mayoría de las personas del estrato socioeconómico 4 conocen acerca del sistema.

Figura 33

Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°10



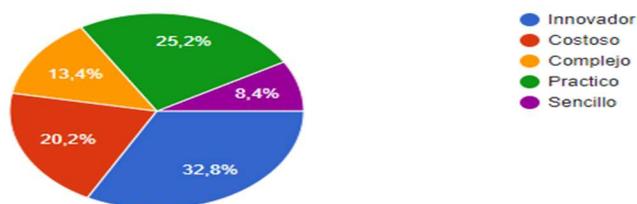
Nota: Resultados de la pregunta que busca averiguar si las personas creen que hay beneficios en los cultivos hidropónicos.

La figura 34 presenta una pregunta donde se intenta conocer que percepción tienen las personas acerca de un sistema de cultivo tan fácil, flexible y económico como lo son los cultivos hidropónicos.

Figura 34

Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°11 ¿Qué percepción tiene usted acerca de los cultivos hidropónicos?

119 respuestas



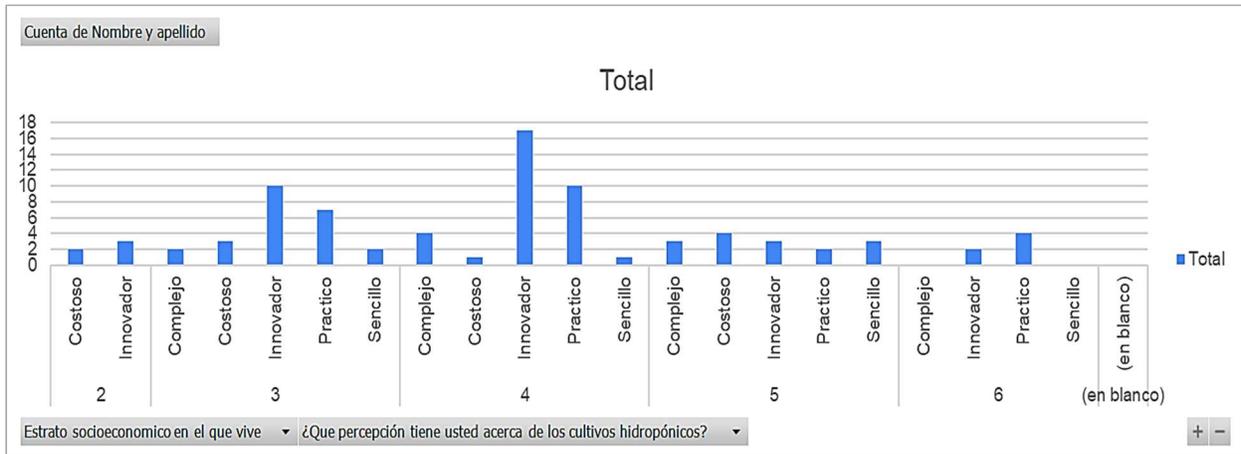
Nota: Validación de la percepción que tienen los encuestados acerca de los cultivos hidropónicos.

La figura 34 muestra un resultado muy equilibrado entre las opciones. Sin embargo, la respuesta más común entre los encuestados está entre práctico (25.2%) e innovador (32.8%). Este sistema de cultivo es, como se menciona muy práctico e innovador, que, aunque es un sistema con una historia muy larga, permite simplificar el proceso complejo de cultivo tradicional y en suelo, haciendo que el producto sea más sano, económico (aprovechando mejor el espacio) y sobre todo rápido de germinar.

La figura 35 muestra la distribución de los resultados entre los estratos socioeconómicos, generando que para la mayoría de las personas entre el estrato 3 y 4 es un sistema innovador y practico.

Figura 35

Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°11



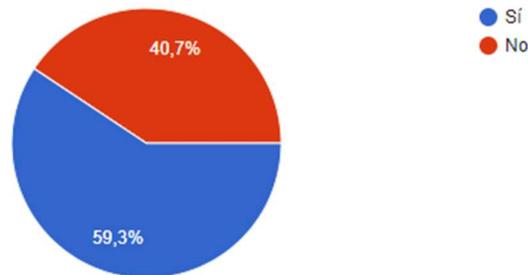
Nota: Validación de la percepción que tienen los encuestados acerca de los cultivos hidropónicos.

La figura a continuación permite conocer al investigador si las personas cuentan con un espacio suficiente para implementa un cultivo hidropónico dentro de sus propios hogares.

Figura 36

Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°12 ¿En su hogar cuenta con un espacio de por lo menos 1m x 1m para instalar un cultivo hidropónico?

118 respuestas



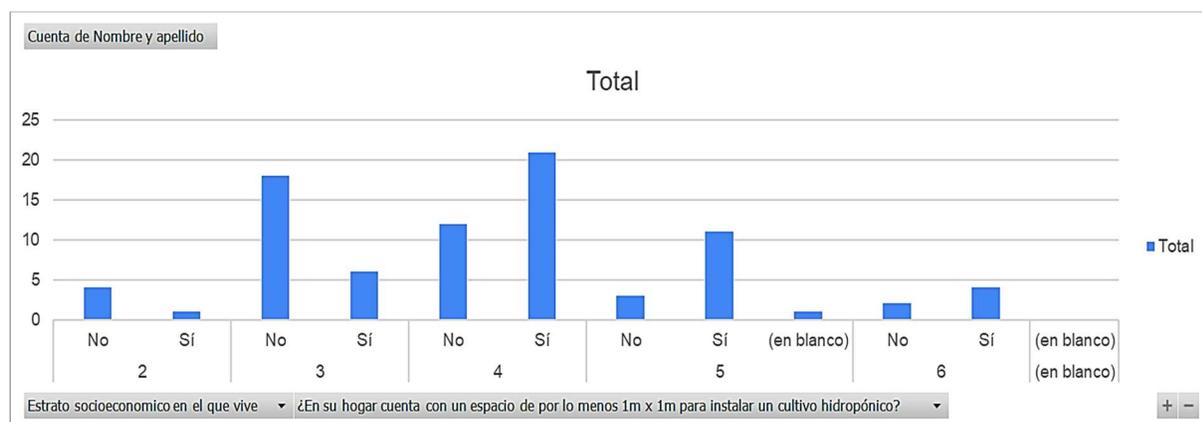
Nota: Grafica donde se muestran el interés de las personas para disponer un espacio para instalar un sistema de hidrocultivos.

La anterior figura, relaciona si las personas tienen un espacio específico de 1m x 1m dentro de sus hogares, ya que esto permitiría conocer si las personas tienen un área suficiente para instalar un pequeño sistema de cultivos hidropónicos, dando como resultado que el 59.3% de los encuestados si cuenta con el espacio.

La figura 37, relaciona la distribución de respuestas por estrato, mostrando que la mayoría de las personas del estrato 4 si tienen el espacio suficiente de 1m x 1m.

Figura 37

Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°12



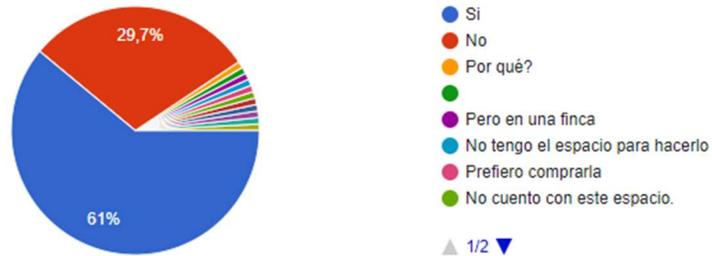
Nota: Tabla donde muestra la relación por estratos para validar si las personas encuestadas cuentan con espacios en sus hogares.

La figura 37 y 38 hace una revisión de acuerdo con la respuesta de la pregunta N° 12, donde se desea saber si los encuestados tomarían la decisión de aprovechar ese espacio de 1m x 1m para instalar un mini cultivo hidropónico.

Figura 38

Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°13 ¿estaría dispuesto a utilizar ese espacio disponible para obtener pequeños cultivos hidropónicos donde se pueda sembrar sus propios alimentos?

118 respuestas

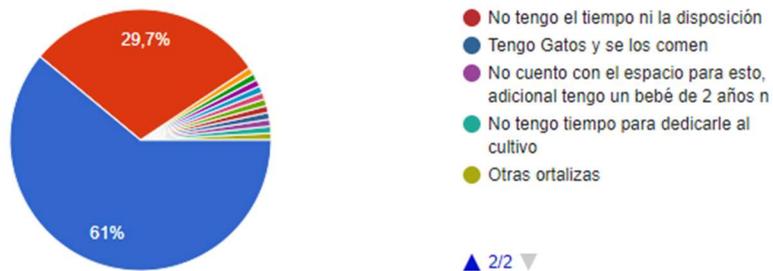


Nota: Tabla donde se muestran el interés de las personas para disponer un espacio para instalar un sistema de hidrocultivos.

Figura 39

Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°13 ¿estaría dispuesto a utilizar ese espacio disponible para obtener pequeños cultivos hidropónicos donde se pueda sembrar sus propios alimentos?

118 respuestas



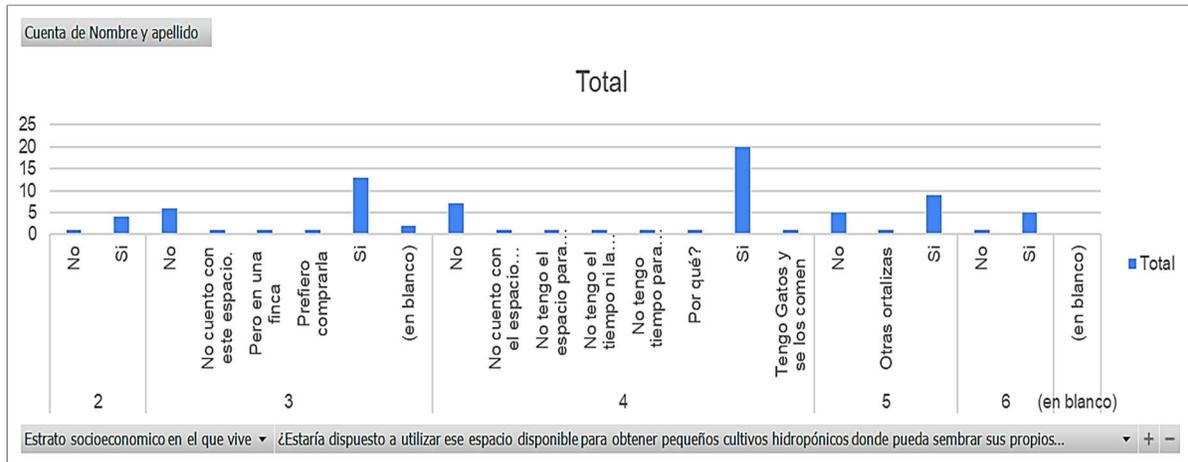
Nota: Tabla donde se muestran el interés de las personas para disponer un espacio para instalar un sistema de hidrocultivos.

Las anteriores figuras, muestran que si estuviesen dispuestas a cultivarlas en sus hogares un 61% de los encuestados. Sin embargo, casi el 39% no estarían dispuestos a cultivar por diversos factores tanto personales como ambientales que les impide tener el cuidado apropiado que requiere este tipo de sistemas.

La figura 40 muestra el análisis de distribución por estrato socioeconómico, donde los estratos 3, 4, 5 y 6 muestran gran afinidad a cultivar estos sistemas dentro de sus hogares.

Figura 40

Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°13



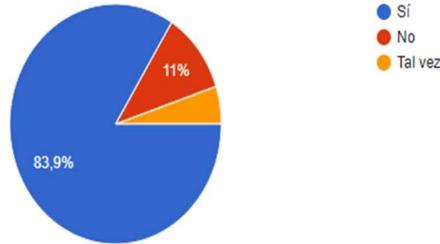
Nota: Tabla donde se muestran el interés de las personas para disponer un espacio para instalar un sistema de hidrocultivos.

La figura 41 muestra si las personas están de acuerdo que empezar a realizar pequeños hábitos y costumbres en nuestro diario vivir, y tener excelentes iniciativas como la presentada en este proyecto, forman para de mejorar el impacto que hace el ser humano por el simple hecho de vivir.

Figura 41

Encuesta hábitos alimenticios, pregunta N°14 ¿Considera esta una buena iniciativa para comenzar a generar cambios de hábitos de consumo e impacto que puede generar el ser humano?

118 respuestas



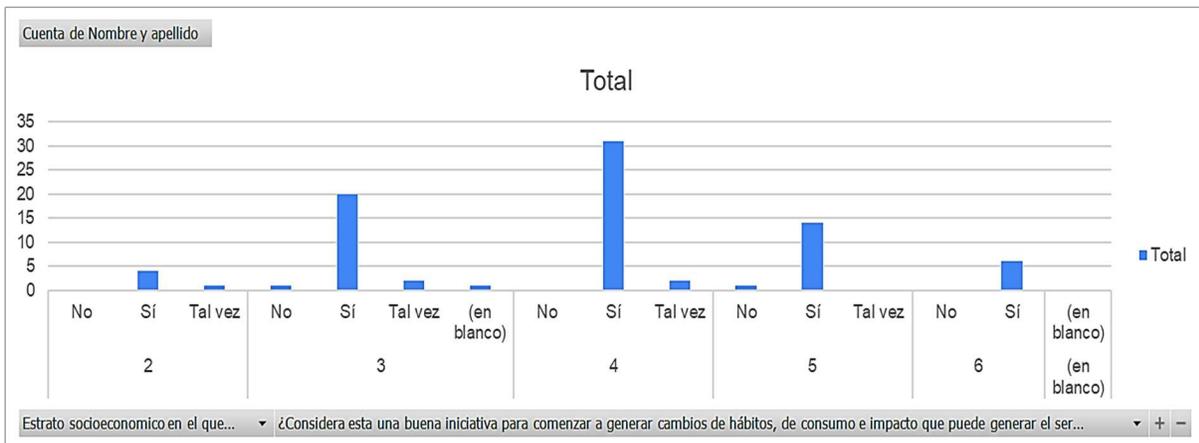
Nota: Grafica donde se evidencia la respuesta de las personas encuestadas a considerar nuevos hábitos alimenticios.

La figura 41 muestra que el 83.9% de los encuestados están de acuerdo en que la iniciativa de cultivar sistemas hidropónicos en casa puede generar cambiar algunos hábitos de consumo y mejorar el impacto que puede generar el ser humano.

La figura 42 muestra la distribución por estrato socioeconómico, donde los estratos 4 y 5 tienen la mayoría de las personas como que encuentran un beneficio de reducir el impacto ambiental que genera el ser humano.

Figura 42

Encuesta hábitos alimenticios, análisis de la pregunta N°14



Nota: Tabla que muestra los hábitos alimenticios por estrato.

En conclusión, se logra evidenciar que a la mayor parte de las personas encuestadas (78.6%) les gusta consumir lechuga en su alimentación habitual, de la misma manera las personas que componen sus hogares también se alimentan con lechuga semanalmente, la cual se determina como uno de los alimentos indispensables en la canasta familiar.

Por otra parte, se evidencia que el estrato socioeconómico que presenta mayor consumo de lechugas es el 4, debido a su capacidad económica puede llegar a tener una compra y consumo diario más alto que los demás estratos, adicionalmente que tienden a percibir que este alimento es indispensable en una buena alimentación balanceada que nutra a los encuestados y a las personas que componen su hogar. Dichas personas viendo que tienen un frecuente consumo semanal y que la lechuga hace parte de sus hábitos alimenticios, se puede observar como un factor determinante que ya conocen la tecnología y posiblemente tendrían la capacidad de realizar un cultivo hidropónico en sus hogares, y que al tenerlo en su vivienda lo ven como una oportunidad, que además de obtener un ahorro o beneficio económico por alimentarse de sus propios cultivos, podrían dar un gran aporte para el cuidado del medio ambiente, de salud para los integrantes de la familia y poder generar una cultura de auto sostenimiento dentro de su propia casa. Otro aspecto importante es que los encuestados estarían dispuestos de tener un cultivo siempre y cuando reciban el acompañamiento y asesoría de poder cultivar en sus hogares.

8. ESTUDIO TÉCNICO

El estudio técnico relacionado en el presente capítulo, establecerá las pautas con las que el proyecto tendrá funcionalidad, facilitando al lector y las personas que quieran incurrir en estas pruebas los puntos importantes a tener en cuenta. Sin embargo, dentro del alcance no contempla el estudio de ingeniería del detalle de la construcción del equipo, ni planos específicos. Solamente se desarrolla una idea estimada de las dimensiones que podría tener el sistema para adecuarse a un área mínima para su instalación y sus especificaciones técnicas.

La facilidad de realizar la instalación de este tipo de sistemas; dado su fácil fabricación, que puede adquirirse los materiales de manera rápida y sencilla; la operación del sistema, que no requiere unos elementos técnicos profundos para poder tener éxito en un cultivo y sobre todo que es el sistema más versátil, dado su requerimiento de espacio mínimo, hace que el sistema NFT (Nutrient Film Technique) sea el método que mejor se acopla a las necesidades que pueden tener los hogares en Bogotá si deciden empezar a cultivar sus propios alimentos. Tal como se muestra a continuación, todos los aspectos técnicos que requiere el sistema para poder funcionar correctamente:

8.1. Raíces en agua NFT (Nutrient Film Technique)

Recordando que los cultivos en agua NFT son cultivos que no requieren sustratos y se realizan por medio de la técnica de la solución nutritiva recirculante, donde todos los nutrientes que las plantas necesitan están disueltos en una solución acuosa y esta solución se lleva a contacto directo con las raíces de las plantas.

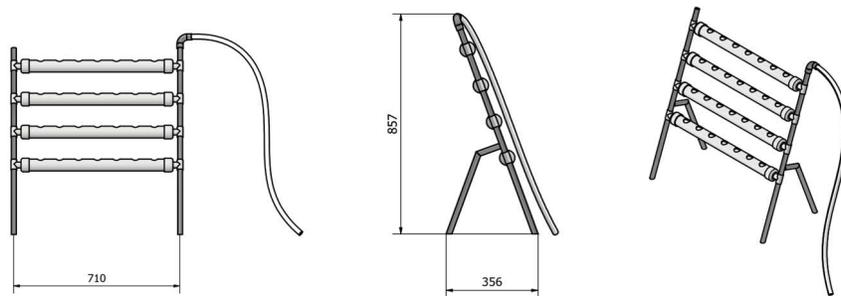
Se debe recordar que el principio de funcionamiento de este sistema se basa en poder circular continuamente la solución nutritiva por una serie de canales base en PVC de forma circular o rectangular (dependiendo la facilidad de adquisición). Cada canal se le incorporan una serie de agujeros donde posteriormente serán instalados las plantas a cultivar. Dichos canales serán soportados por unas bases con una ligera pendiente para que el agua circule de una manera mucho más fácil. Finalmente, el agua circulante puede

ser depositada en un tanque con un sistema básico de bombeo que permita volver a circular el agua.

Por tal motivo es indispensable tener los siguientes elementos que permitan el ensamble completo del sistema de cultivo hidropónico.

Figura 43

Dibujo esquemático sistema de cultivo hidropónico (dimensiones en mm)



Nota: Se relaciona un estimado de las dimensiones que puede tener un sistema hidropónico.

- **Canaletas o tuberías:** es el componente principal del sistema NFT y debe ser lo suficientemente ancho para que las raíces de las plantas puedan crecer y recibir suficiente oxígeno. El canal o tubo puede ser de PVC u otro material resistente.
Por tal motivo sería requerido los siguientes elementos para construir la estructura:
 - 2.2 metros de tubería de PVC 3/4 pulgadas.
 - 2 metros de tubería de PVC 1 1/2 pulgadas.
 - Conectores tipo "T" en PVC de 3/4" de pulgada.
 - Reducción de 2 pulgadas a 3/4 pulgadas en PVC.
 - 3 conectores tipo "L" en PVC de 3/4 de pulgada.
 - 2 conectores tipo ángulo en PVC de 3/4 de pulgada.

- **Bomba de agua con timer de pescera:** se utiliza para hacer circular la solución nutritiva a través del canal o tubo de cultivo. Se pueden relacionar las siguientes especificaciones:

- Material: ABS.
 - Entrada: puerto roscado de 4 mm.
 - Voltaje: cc 12 V.
 - Potencia: 20 W.
 - corriente nominal máxima: 1000 MA.
 - Caudal: 800 L/h (m³/h).
 - Elevación máxima de agua: 5,5 metros.
 - Temperatura ambiente de trabajo: 1-60 grados Celsius Temperatura.
 - máxima circulación del agua: 100 grados centígrados.
 - Ruido: menos de 40 db (agua) en funcionamiento.
 - Modo de conducción: electromagnético.
 - Medio de transporte: bomba de agua caliente Bomba.
 - Posición del eje: horizontal
- Tanque de nutrientes: es donde se prepara la solución nutritiva y se almacena antes de ser bombeada al canal o tubo de cultivo.
 - Reservorio con tapa para almacenar el agua con los nutrientes requeridos de 10 Litros de capacidad, recipiente
 - Medidor de pH y EC: son necesarios para medir la acidez y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva.
 - Mangueras y conexiones: se utilizan para conectar la bomba de agua al canal o tubo de cultivo y para conectar el canal o tubo de cultivo al tanque de nutrientes.
 - Material de soporte para las plantas: se utiliza para sostener las plantas en su lugar dentro del canal o tubo de cultivo. Pueden ser macetas, cubos de cultivo hidropónico o cualquier otro material adecuado para sostener las raíces de las plantas.

- Sustrato (Foamy para agricultura): es un material absorbente que permite la fácil y rápida germinación de las semillas. Es importante darle este soporte a la planta para que pueda crecer de una manera más práctica.
- Clima: Según algunos autores y algunos estudios realizados a cultivos hidropónicos, los rangos de temperatura óptimos para realizar los cultivos de este tipo son de -6°C hasta unos 30°C. Igualmente la humedad relativa del ambiente debería estar entre 60% y 80%, haciendo que Bogotá sea un ambiente óptimo y propicio para garantizar que junto a los cuidados pertinentes los hidrocultivos sean exitosos. (Ignacio Rios, 2020)
- Solución nutritiva: es aquella solución que de contener los nutrientes necesarios para que las plantaciones de los hidrocultivos crezcan y tengan un desarrollo adecuado dentro del periodo de tiempo esperado.

Dentro del análisis realizado por el Tecnológico de Costa Rica, menciona que la solución empleada y que mejores resultados ofreció al sistema de hidrocultivo fueron dos soluciones nutritivas mezcladas en diferentes proporciones, las cuales se describen a continuación:

Tabla 3

Datos para la formulación de 10 l de solución de solución nutritiva A y 2 l de solución nutritiva B

SOLUCIÓN MADRE A (POR CADA 10 LITROS DE AGUA)	SOLUCIÓN MADRE B (POR CADA 2 LITROS DE AGUA)
340 g fosfato monoamónico (12-60-0)	220 g sulfato de magnesio
2080 g de calcio	12 ml de metalosato de hierro
1100 g nitrato de potasio	12 g de nutrientes menores (Fetrilon Combi 1 ®)
	1,2 g de ácido bórico

Nota: Adaptado de Manual de producción hidropónica para hortalizas de hoja en sistemas NFT (Nutrient Film Technique), (Pag. 14), Brenes L. P., Jimenez M. F. (2014)

Como se puede observar en la figura 3 el tanque colector es el equipo encargado de almacenar el agua con los nutrientes para desplazar por todo el circuito de drenaje hasta el punto más alto, luego por gravedad se irá segregando hasta el recipiente nuevamente, por lo que es necesario que se ubique en la parte más baja del cultivo. El material de fabricación puede ser polietileno, PVC o fibra de vidrio, aunque también puede ser de metal tratado interiormente con pintura epóxica.

El volumen del recipiente va a estar enfocado a la cantidad de agua que cabe por las cañerías más un 20% adicional y el líquido almacenado para garantizar sumergencia a la electrobomba, adicionalmente se debe tener en cuenta que las plantas también segregan líquidos y su volumen puede expandirse a medida que pasa el tiempo.

El suministro de nutrientes y fertilizantes debe realizarse directamente al tanque por medio de unos depósitos madre que permiten mantener control del PH (+/- 6) de la solución y su conductividad eléctrica. Estos parámetros harán que no sea un ambiente nocivo para la plantación.

Como es un sistema que solamente se estima un circuito de 7 Litros, se realiza la corrección de nutrientes acorde al consumo de agua estimado. Para la forma de preparación, se debe tomar como base los siguientes pasos: para preparar la solución madre A, adicione en un recipiente limpio 2.5 litros de Agua, posteriormente agregue Fosfato monoamónico (12-60-0): 170 gramos y disuelva completamente, agregue Nitrato de calcio: 1040 gramos y disuelva completamente, agregue y disuelva completamente; Finalmente, agregue los otros 2.5 litros de agua para completar los 5 litros y agite durante 10 minutos. Para la preparación de la solución madre B, adicione (en el mismo orden) a otro recipiente limpio con 1/2 litro de agua el Sulfato de magnesio: 110 gramos, el Metalosato de hierro: 6 cc (equivalente a 4 gramos de quelato de hierro), el Fetrilon Combi 1: 6 gramos y el Ácido bórico (Borosil) : 0.6 gramos, disolviendo cada uno completamente y agregue el 1/2 litro faltante al recipiente y disuelva por 10 minutos. Finalmente agregue el litro faltante al tanque que contiene los 5 litros y disuelva completamente. (Laura Brenes, 2014)

La electrobomba permitirá desplazar el fluido por todo el circuito hídrico de la plantación para generar el suministro de nutrientes a todo el cultivo y tomará el fluido del

recipiente base. Dependiendo el prototipo hay sistemas temporizados que se encargan de encender y apagar el equipo para generar ciclos de hidratación al cultivo.

Las tuberías de distribución permitirán realizar la plantación del cultivo adicionalmente llevarán los fluidos con los nutrientes. Normalmente estos ductos pueden ser fabricados en PVC y/o polietileno y el diámetro del tubo estará determinado por el caudal que deberá circular por sus canales. Dado el caso que es requerido una mínima altura de nivel de agua que no debe superar los 4 o 5 mm ya que garantizará de esta manera la oxigenación de las raíces. Adicionalmente las longitudes no deben superar los 15 m, ya que se debe garantizar unas condiciones apropiadas a lo largo del conducto para evitar la falta de oxígeno disuelto en la última parte del tubo y a lo largo de todo el circuito. Por último, la inclinación debe estar en un 1 – 2 % para garantizar el flujo del agua y evitar que exista una velocidad de flujo alta lo cual afectaría la absorción de nutrientes por parte de la raíz (Magán Cañadas, 2003).

- **Ventajas:**

- Uso eficiente del agua.
- Es especialmente útil para ser usado en espacios reducidos.
- Optimización del espacio donde cabe un mayor número de plantas por área.
- Se requiere menor tiempo de trabajo para manutención de las plantas.
- Debido a que no se requiere el uso de suelo, no se requiere rotación de cultivos.
- Reducción en uso de agroquímicos contaminantes.

- **Desventajas:**

- Elevado costo inicial de inversión.
- Conocimiento de la botánica de la especie a cultivar, ya que cada especie de planta requiere nutrientes diferentes.
- Siembra sobre igual piso o adecuación térmico del entorno.

Es por tal que el sistema hidropónico, es muy versátil al ser capaz de cultivar diferentes plantas que debido a sus beneficios tales como la facilidad de controlar el entorno (temperatura o PH); usar eficientemente el agua, ya que se recircula constantemente y evita gastar ineficientemente el líquido; aprovechar al máximo un espacio pequeño, debido a que por sus propiedades y geometría facilita el aprovechamiento de espacios pequeños para aumentar la producción de alimentos; menor riesgo de enfermedades y plagas, ya que el fácil control del entorno hace menos probable el crecimiento de plagas o enfermedades que afecte el cultivo. Pese a que el alcance del estudio solamente abarca un vegetal en específico como lo son las lechugas, en un sistema hidropónico se puede cultivar una gran variedad de plantas:

- Vegetales de hojas verdes: como la lechuga, la espinaca, diferentes tipos de acelgas, rúcula, entre otros.
- Hierbas aromáticas: como la albahaca, el cilantro, el perejil, la menta, entre otras. Las hierbas son ideales para cultivar en sistemas hidropónicos debido a su rápido crecimiento y sus requisitos de espacio reducido.
- Fresas: Las fresas se logran adaptar muy bien a los sistemas de cultivos hidropónicos, ya que pueden crecer verticalmente y producir frutas de una excelente calidad en espacios reducidos.
- Tomates: Los tomates también pueden cultivarse en sistemas hidropónicos, aunque requieren un poco más de cuidado y soporte debido a su tamaño y estructura de crecimiento.
- Pimientos y chiles: Variedades de pimientos dulces y picantes pueden cultivarse con éxito en sistemas hidropónicos, siempre que se les proporcione el apoyo adecuado al fruto a medida que crecen.

- Flores comestibles: Flores como la caléndula, la capuchina y la borraja son populares en la cocina y pueden cultivarse en sistemas hidropónicos para su consumo.

En general, una amplia gama de plantas puede adaptarse a los sistemas de cultivos hidropónicos, siempre y cuando se ajusten adecuadamente los niveles de nutrientes que requiere cada planta en específico, el pH y otros factores ambientales que son fácilmente adecuados cuando se cultiva dentro de un hogar con ambiente controlado.

9. ANÁLISIS FINANCIERO

Se debe tener en cuenta que se realizó la evaluación financiera del proyecto que permitió identificar el nivel de inversión de un hogar promedio y la valoración del tiempo del retorno de inversión de esta solución, validando que es un estudio que piensa viabilizar e inculcar en los hogares implementar sus propios cultivos de alimentos.

Es importante tener en cuenta los siguientes puntos relevantes para la fabricación casera del sistema de hidrocultivo:

- Una persona designada del hogar quien va a realizar las compras de los elementos y el ensamble del sistema.
- Compra de materiales para el ensamble del sistema hidrocultivo casero. Es importante que en la lista que se compartirá a continuación, los precios son basados del segundo semestre del año 2023, por lo que puede ser una base para que la persona que lea este documento valide si los precios pueden cambiar en un futuro. Adicionalmente, no se realiza un análisis técnico o algunos elementos como el instructivo de armado del sistema, ya que haría parte de un segundo trabajo donde amplie los requerimientos técnicos que haya a lugar. Dichos materiales se contemplan como tuberías, pegamentos, accesorios y demás elementos que permitirán finalizar el ensamble
- Compra de materia prima. La materia prima es un importante elemento que permitirá iniciar los hidrocultivos. Se hace un listado base de los elementos requeridos, los cuales son de fácil adquisición.
- La adecuación locativa no requiere ninguna modificación, solamente algunos implementos que permitan retener el agua que pueda escurrir del sistema.
- Movilizaciones requeridas para contemplar la compra de los elementos y llevarlos al hogar.

La tabla que se muestra a continuación se muestra los precios de los elementos que se deben adquirir para realizar el ensamble del sistema de cultivo hidropónico en el hogar. Cabe resaltar que los precios son referenciales tomados de la página de Homecenter Bogotá en la fecha de realización de este proyecto de grado (2023), donde todos los materiales se pueden adquirir en un solo lugar con el fin de optimizar recursos. Es importante mencionar que dentro de la tabla se destacan elementos como la tubería y accesorios, para armar la estructura del sistema de cultivo hidropónico y los canales por donde iría el agua con los nutrientes; bomba de recirculación de fluidos, para mantener oxigenada el agua; tanque de almacenamiento de agua, para almacenar el agua y los nutrientes; medidor de pH, que son necesarios para medir la acidez y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva; mangueras y conexiones, que se utilizan para conectar la bomba de agua al canal o tubo de cultivo y para conectar el canal o tubo de cultivo al tanque de nutrientes; material de soporte para las plantas; que se utiliza para sostener las plantas en su lugar dentro del canal o tubo de cultivo. Pueden ser macetas, cubos de cultivo o cualquier otro material adecuado para sostener las raíces de las plantas; Pegante PVC, para unir la tubería de PVC y armar la estructura y un fomi agrícola para plantar las semillas.

Tabla 4

Listado De Materiales Y Precios

ÍTEM	REFERENCIA	DESCRIPCION	IMAGEN	CANTIDAD	PRECIO SUB TOTAL	PRECIO TOTAL
1	Canaletas o tuberías: es el componente principal del sistema NFT y debe ser lo suficientemente ancho para que las raíces de las plantas puedan crecer y recibir suficiente oxígeno. El canal o tubo puede ser de PVC u otro material resistente.	2 metros de Tubería de PVC - 3/4 pulgadas.		1	\$11.200	\$11.200
		2.2 metros de Tubería de PVC 2 pulgadas.		1	\$20.900	\$20.900
		Conectores tipo "T" en PVC de 3/4" de pulgada.		8	\$10.000	\$80.000
		Reducción de 2 pulgadas a 3/4 pulgadas en PVC.		8	\$5.700	\$45.600
		3 conectores tipo "L" en PVC de 3/4 de pulgada.		3	\$1.100	\$ 3,300
		3 conectores tipo "L" en PVC de 3/4 de pulgada.		1	\$ 3.400	\$ 3,400
2	Bomba de agua: se utiliza para hacer circular la solución nutritiva a través del canal o tubo de cultivo con timer.	Bomba Sumergible de 500L/H y 110 Voltios – 5W		1	\$ 41.900	\$ 41.900
3	Tanque de nutrientes: es donde se prepara la solución nutritiva y se almacena antes de ser bombeada al canal o tubo de cultivo.	Reservorio con tapa para almacenar el agua con los nutrientes requeridos de 17 Litros de capacidad.		1	\$ 12.900	\$ 12.900

Tabla 5
(Continuación)

ÍTEM	REFERENCIA	DESCRIPCION	IMAGEN	CANTIDAD	PRECIO SUB TOTAL	PRECIO TOTAL
4	Medidor de pH: son necesarios para medir la acidez y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva.	Equipo básico para medición del PH del agua y controlar el ambiente para los cultivos		1	\$ 25.900	\$ 25.900
5	Mangueras y conexiones: se utilizan para conectar la bomba de agua al canal o tubo de cultivo y para conectar el canal o tubo de cultivo al tanque de nutrientes.	2 metros de mangueras de 1/2 pulgada		2	\$ 21.900	\$ 43.800
6	Material de soporte para las plantas: se utiliza para sostener las plantas en su lugar dentro del canal o tubo de cultivo. Pueden ser macetas, cubos de cultivo o cualquier otro material adecuado para sostener las raíces de las plantas.	36 cubetas Hidropónica Para Vasos De Malla		36	\$1.444.4	\$52.000
7	Pegante PVC para pegar las conexiones de los tubos	1 frasco de pegante PVC		1	\$ 5.500	\$5.500
8	Fomi agrícola para facilitar la germinación y cultivo de la lechuga	1 espuma de fomi agrícola		1	\$ 9.000	\$9.000
VALOR TOTAL					\$ 355.400,00	

Nota: Relación de precios de los materiales para la construcción de un sistema de cultivo hidropónico.

Es importante recalcar, que para tener una base ordenada de no solamente los requerimientos tangibles para ensamblar el sistema de cultivos hidropónicos, es muy importante poder validar aquellos requerimientos o necesidades intangibles que harían posible tener el sistema. En la Tabla 5 se muestra, la relación de costos, donde por ejemplo el talento humano requerido, con un monto estimado en COP 48.733 diarios para una persona que gastaría 3 días comprando materiales y ensamblando el equipo. Este costo se hace referencia al salario mínimo mensual legal vigente del año 2023 incluyendo auxilio de transportes y dividido en 30 días, el cual es de COP 1'300.000+ COP 162.000. (Ministerio del Trabajo, 2024). Adicionalmente, se cuenta con el costo de la materia prima, como lo es la lechuga de hoja suelta; la solución nutritiva para darle los nutrientes necesarios a las plantas disueltos en el agua; el agua potable, necesario para dar alimento a las plantas; otros gastos, como servicios y transportes y se incluyen los costos de la tabla anterior donde se relacionan los costos de materiales.

Tabla 5

Resumen de costos

ÍTEMS	UNIDAD	CANT.	VALOR UNITARIO	TOTAL	FUENTE FINANCIADORA
TALENTO HUMANO					
Ensamblador	Días	4	\$ 48.733	\$ 194.933	HOGAR
<i>TOTAL, TALENTO HUMANO</i>				\$ 194.933	
MATERIA PRIMA					
Semilla de lechuga de hoja suelta	unidad	1	\$ 4.500	\$ 4.500	HOGAR
Solución nutritiva múltiple.	Galón	1	\$ 46.301	\$ 46.301	HOGAR
Agua Potable	Litros	7	\$ 617	\$ 4.319	HOGAR
<i>TOTAL, EQUIPO</i>				\$ 55.120	
MATERIALES Y CONSUMIBLES SISTEMA HIDROPÓNICO					
Sistema hidropónico	Unidad	1	\$ 355.400	\$ 355.400	HOGAR
<i>TOTAL, PROGRAMAS</i>				\$ 385.300	
OTROS GASTOS					
Transporte	unidad	5	\$ 10.000	\$ 50.000	HOGAR
Servicios (Agua, Luz, Gas, internet, otros)	unidad	1	\$ 20.000	\$ 20.000	HOGAR

Tabla 6
(Continuación)

TOTAL, OTROS GASTOS	\$	50.000
TOTAL, ANTES DE IMPREVISTOS	\$	655.453
Imprevisto 5%	\$	32.773
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	\$	688.226

Nota: Relación del costo que puede tener un sistema hidropónico.

Con el fin de saber cuál es el costo de depreciación del equipo. Siempre y cuando se pueda cuidar sobre el uso de este, teniendo en cuenta que no es un equipo de uso exigente ni industrial sino más bien un uso doméstico para uso propio, se puede estimar que la vida útil del equipo puede rondar cerca de los 5 años. Es posible que se le realice una repotenciación, como un mantenimiento de la bomba de recirculación, que es el único equipo móvil que pueda requerir un cambio o reparación, pero esto aumentaría la vida útil del equipo y son costos depreciables. Es por eso por lo que en la tabla 6 se relaciona el valor de la depreciación:

Tabla 6

Depreciación

ÍTEM	MATERIALES Y CONSUMIBLES	AÑOS	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	DEPRECIACIÓN MENSUAL	DEPRECIACIÓN ANUAL
EQUIPO							
1	Sistema de cultivo hidropónico	5	1	\$ 688.226	\$ 688.226	\$ 11.470	\$ 137.645

Nota: Relación de la depreciación lineal que puede tener un sistema de cultivos hidropónicos en casa.

Adicionalmente, se realiza un resumen tanto de los costos fijos como los costos variables, lo que permitiría realizar un análisis del flujo de caja libre para posteriormente calcular el Valor Presente Neto del proyecto, y ver si para una familia en cuestión puede ser atractivo cultivar lechugas para su propio consumo.

Tabla 7*Costos fijos y variables*

COSTOS ESTIMADOS MENSUALES					
ITEMS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL	
COSTOS VARIABLES					
Semilla de lechuga de hoja suelta	unidad	1	\$ 4.500	\$	4.500
Solución nutritiva múltiple.	Galón	1	\$ 3.858	\$	3.858
Agua Potable	Litros	7	\$ 617	\$	4.319
TOTAL, COSTOS VARIABLES ESTIMADOS				\$	12.677
COSTOS FIJOS					
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD INICIAL	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	
Servicios (Consumo energía eléctrica)	kWh/mes	3,6	\$ 875,34	\$	3.151,22
TOTAL, COSTOS COSTOS FIJOS ESTIMADOS				\$	3.151
TOTAL, COSTOS MENSUALES				\$	15.829

Nota: Relación de costos variables y costos fijos estimados para el mantenimiento mensual del proyecto.

El total de los costos fijos y variables promedio mensual que se puede encontrar es de unos \$15.829 basados en costos del 2023. Estos costos intervienen; la compra de la semilla, donde puede utilizar en varias ocasiones pero para fines del ejercicio se realizaría una compra mensual; solución nutritiva múltiple, que un galón puede durar un poco más del año, ya que como se mostró en cálculos anteriores el uso de la solución requerida es muy muy poca; el agua potable a utilizar, la cual puede ser adquirida en bolsas de 7 litros en cualquier tienda y debe ser cambiada por lo menos una vez al mes y finalmente el consumo energético que requiere la bomba, la cual aunque es requerido el encendido 24 horas de uso cada día con el fin de garantizar la recirculación de los nutrientes, lo cual genera un consumo mínimo de energía eléctrica.

Con el fin de realizar un análisis de los posibles costos que podría ahorrar una familia al implementar el proyecto y validar si efectivamente puede ser un sistema rentable para los costos del hogar, validando en el mercado un promedio de precio de lechuga de 180 gr está en \$3.500, según la experiencia de los autores, se plantean tres

escenarios donde se podría evaluar el comportamiento de la recuperación de la inversión frente al consumo que se pueda obtener:

- El primer escenario contempla como base el precio promedio de 180 gr de lechuga en el año 2024 en la ciudad de Bogotá, donde se menciona que dos personas podrían consumir 2 lechugas de 180 gr semanales, que en total serían 8 lechugas al mes por dos personas. Se obtendría un costo de \$28.000 pesos colombianos total al mes. Teniendo en cuenta que el costo del sistema de cultivo hidropónico tendría un valor de \$688.225 Pesos colombianos, se podría pensar que el tiempo de recuperación de la inversión estaría en 25 meses para este escenario.

Tabla 8

Escenarios de validación del retorno de la inversión de cada hogar

DOS PERSONAS QUE CONSUMEN DOS VECES POR SEMANA LECHUGA					
COSTOS DE CONSUMO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT		COSTO	OBSERVACIÓN
Costo Lechuga hidropónica	gr	180	\$	3.500	COP
Integrantes por hogar	un	2			Personas
Consumo semanal de lechuga	un	2			veces por semana
consumo lechuga por persona a la semana	un	2			Lechugas por hogar por semana
consumo lechuga por persona al mes	un	8			Lechugas por hogar por Mes
Costo mensual consumo de lechuga	un	8	\$	28.000	COP
Costo anual consumo de lechuga	un	12	\$	336,000	COP
Costo Sistema Hidropónico casero			\$	688.225,51	COP
Retorno inversión					25 Meses de retorno de la inversión

Nota: Valoración de la inversión para dos personas que consumen dos veces por semana lechuga.

- El segundo escenario contempla el precio promedio de 180 gr de lechuga en el año 2024 en la ciudad de Bogotá, donde se menciona que tres personas podrían consumir 2 veces lechuga a la semana, cada persona puede comer 90 gramos de lechuga por alimento, lo cual daría 3 lechugas de 180 gr semanales, que en total serían 12 lechugas al mes por tres personas. Se obtendría un costo de \$42.000 pesos colombianos al mes. Teniendo en cuenta que el costo del sistema de cultivo hidropónico tendría un costo de \$688.225 Pesos colombianos, se podría pensar que el tiempo de recuperación de la inversión estaría en 16 meses para este escenario.

Tabla 9

Escenarios de validación del retorno de la inversión de cada hogar

TRES PERSONAS QUE CONSUMEN DOS VECES POR SEMANA LECHUGA					
COSTOS DE CONSUMO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT		COSTO	OBSERVACIÓN
Costo Lechuga hidropónica	gr	180	\$	3.500	COP
Integrantes por hogar	un	3			Personas
Consumo semanal de lechuga	un	2			veces por semana
consumo lechuga por persona a la semana	un	3			Lechugas por hogar por semana
consumo lechuga por persona al mes	un	12			Lechugas por hogar por Mes
Costo mensual consumo de lechuga	un	12	\$	42.000	COP
Costo anual consumo de lechuga	un	12	\$	504,000	COP
Costo Sistema Hidropónico casero			\$	688.225,51	COP
Retorno inversión				16	Meses de retorno de la inversión

Nota: Valoración de la inversión para tres personas que consumen dos veces por semana lechuga.

- El cuarto escenario contempla el precio promedio de 180 gr de lechuga en el año 2024 en la ciudad de Bogotá, donde se menciona que cuatro personas podrían consumir cinco veces lechugas a la semana, cada persona puede comer 90 gramos de lechuga por alimento, lo cual daría 5 lechugas de 180 gr semanales, que en total serían 40 lechugas al mes por cuatro personas. Se obtendría un costo de \$140.000 pesos colombianos. Teniendo en cuenta que el costo del sistema de cultivo hidropónico tendría un costo de \$688.225 Pesos colombianos, se podría pensar que el tiempo de recuperación de la inversión estaría en 5 meses para este escenario.

Tabla 10

Escenarios de validación del retorno de la inversión de cada hogar

CUATRO PERSONAS QUE CONSUMEN CINCO VECES POR SEMANA LECHUGA					
COSTOS DE CONSUMO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT		COSTO	OBSERVACIÓN
Costo Lechuga hidropónica	gr	180	\$	3.500	COP
Integrantes por hogar	un	4			Personas
Consumo semanal de lechuga	un	5			veces por semana
consumo lechuga por persona a la semana	un	10			Lechugas por hogar por semana
consumo lechuga por persona al mes	un	40			Lechugas por hogar por Mes
Costo mensual consumo de lechuga	un	40	\$	140.000	COP
Costo anual consumo de lechuga	un	12	\$	1'920.000	COP
Costo Sistema hidropónico casero			\$	688.225,51	COP
Retorno inversión					5 Meses de retorno de la inversión

Nota: Valoración de la inversión para cuatro personas que consumen cinco veces por semana lechuga.

Se entiende que el cálculo este hecho para el consumo de lechugas. Sin embargo, si el hogar lo desea pudiera realizar cultivo de otras plantas o frutos que reduciría aún

más el tiempo de recuperación de la inversión, haciendo aún más atractivo el estudio para aquellos que quieran cambiar su modelo de vida actual. Este sería un primer impulso, viendo que la factibilidad económica hasta este punto es viable.

Viendo que las probabilidades de recuperación de la inversión en promedio pueden ser un poco más de 1 año, se procede a tomar como base este dato para realizar un cálculo base del balance general como se muestra en la tabla 11. No se tomarían ingresos como valor inicial, ya que en el hogar se generarían ahorros anuales por implementar este tipo de proyectos. Se estima un crecimiento del ahorro de 15% por 5 años en proyección; los costos variables, como la semilla de la lechuga, la solución nutritiva y el agua potable, así como los costos fijos de la operación del sistema, como lo es la energía eléctrica; la depreciación del equipo, la cual se toma para efectos del ejercicio como la depreciación del conjunto como tal; este tipo de productos no genera cobro de impuestos por parte del estado así que la utilidad operativa es la misma utilidad después de impuestos.

Tabla 11

Flujo de caja para la valoración del cultivo hidropónico

<i>Flujo de caja para la valoración del cultivo hidropónico</i>						
CUENTAS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	
Ahorros por consumo de lechuga	\$ 504,000	\$ 528,732	\$ 554,678	\$ 581,896	\$ 610,451	
Costos variables y fijos	\$ 189,943	\$ 199,264	\$ 209,042	\$ 219,300	\$ 230,062	
Utilidad bruta	\$ 314,057	\$ 329,468	\$ 345,635	\$ 362,596	\$ 380,389	
Gastos de administración:	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Depreciación y amortización	\$ 137,645	\$ 144,400	\$ 151,485	\$ 158,919	\$ 166,717	
Utilidad operacional	\$ 176,412	\$ 185,068	\$ 194,150	\$ 203,677	\$ 213,672	
Utilidad antes de impuestos	\$ 176,411.68	\$ 185,068.45	\$ 194,150.02	\$ 203,677.24	\$ 213,671.98	
Impuestos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Utilidad después de impuestos	\$ 176,411.68	\$ 185,068.45	\$ 194,150.02	\$ 203,677.24	\$ 213,671.98	

Nota: Relación del flujo de caja para la valoración del cultivo hidropónico.

Con base a la utilidad de impuestos estimada en el flujo de caja para la valoración del cultivo hidropónico y las proyecciones planteadas, se puede relacionar en la tabla 12 el flujo de caja libre que podría tener un hogar, como ahorro del proyecto y que puede invertir en otro tipo de actividades o requerimientos especiales de cada grupo, sin contar los beneficios intangibles que se tendrían como la ayuda a la reducción del impacto ambiental, mejorar la salud o inclusive añadir un hobby nuevo a la familia.

Tabla 12

Flujo de caja libre del proyecto

CUENTAS	FLUJO DE CAJA LIBRE				
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Utilidad antes de impuestos	\$ 176.411,68	\$ 185.068,45	\$ 194.150,02	\$ 203.677,24	\$ 213.671,98
Impuestos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Depreciación y amortización	\$ 137.645	\$ 144.400	\$ 151.485	\$ 158.919	\$ 166.717
FLUJO DE CAJA LIBRE	\$ 314.056,78	\$ 329.467,99	\$ 345.635,46	\$ 362.596,28	\$ 380.389,40

Nota: Relación del flujo de caja libre a partir de la proyección a cinco años.

Finalmente, con el fin de conocer la viabilidad del proyecto, se realiza un análisis del VPN vs la TIR:

Tabla 13

Calculo TIR y VPN

CONCEPTO	VALOR	TIR	TASA DE OPORTUNIDAD	VPN
Inversión Inicial	-\$ 688.225,51	39,61%	15%	\$ 457.689,77
Año 1	\$ 314.056,78			
Año 2	\$ 329.467,99			
Año 3	\$ 345.635,46			
Año 4	\$ 362.596,28			
Año 5	\$ 380.389,40			

Nota: Tabal donde se muestra el calculo del VPN a partir de la TIR y Tasa de Oportunidad.

Del anterior resultado se puede decir lo siguiente:

- La tasa interna de retorno da como resultado un 39,61%, y corresponde a una inversión interesante para el inversionista ya que supera bastante más la tasa de oportunidad esperada.
- La tasa de oportunidad se toma un 15% derivada de la compensación de la inflación, que para el 2023 fue del 9,28%, según la fuente del Departamento Nacional de Planeación (DNP, Dirección de estudios económicos , 2023) más un DTF como prima de riesgo de compensación del esfuerzo de los inversionistas (hogares) que de acuerdo a los datos presentados a final de mayo de 2024 el DTF es 10,23% (Banco de la Republica de Colombia, 2024) ósea que la tasa de oportunidad es cercana a 19.51%. Sin embargo, para los autores la tasa del 15% cubre las necesidades y cubre suficientemente el esfuerzo de los inversionistas además de recuperar la perdida adquisitiva del valor del dinero en el tiempo (inflación).
- VPN da como resultado \$ 457.689,77 COP, considerado un punto bastante importante ya que el proyecto se consideraría rentable y sería conveniente realizarlo bajo los parámetros calculados en el presente trabajo.

CONCLUSIONES

El proyecto busca analizar y justificar la viabilidad para realizar la producción de cultivos hidropónicos en los hogares de estratos sociales 4, 5 y 6 de la ciudad de Bogotá, en la cual se determinó por medio de estudios aplicados a los estratos en mención, tales como encuestas y entrevistas que cualquier persona que pueda estar interesada en cultivar sus propios alimentos de forma sencilla es capaz de realizarlo, dentro de las encuestas realizadas se encontró que el 61% de las personas estarían dispuestas a realizar un hidrocultivo en sus propios hogares, un número bastante significativo que sugiere un potencial favorable para la implementación de este tipo de proyectos en la comunidad objetivo.

Por otra parte, técnicamente es viable instalar un sistema de cultivo hidropónico NFT (Nutrient Film Technique) dentro de un hogar, siempre y cuando se tenga en cuenta ciertos factores importantes tales como: espacio disponible, el sistema NFT suele requerir un espacio adecuado para la instalación de tubería donde circula el agua con una solución nutritiva. Se debe asegurar que el hogar tenga suficiente espacio para alojar este tipo de sistema de por lo menos 1 m³; suministro de agua y electricidad, se necesita un suministro de agua que circule 24 horas al día para garantizar que el sistema mantendrá suficientemente humectado y un flujo de electricidad permanente para mantener el sistema en funcionamiento; condiciones ambientales, se deben considerar las condiciones ambientales del hogar, como la temperatura (entre 18°C y 24°C durante el día y entre 10°C y 16°C durante la noche) y la humedad relativa (en el rango del 50% al 70%. Esto ayuda a prevenir problemas como el marchitamiento de las hojas y el desarrollo de enfermedades), para garantizar un entorno adecuado para el crecimiento de las plantas; conocimientos técnicos, aunque el sistema NFT es relativamente sencillo en comparación con otros sistemas hidropónicos, aún se requiere cierto nivel de conocimiento técnico para su instalación, operación y mantenimiento adecuados. Es muy importante familiarizarse con los principios del cultivo hidropónico antes de instalar un sistema en el hogar.

Desde el punto de vista económico se ven dos indicadores financieros muy prometedores: la tasa interna de retorno, da como resultado un 39.61%, y corresponde a una inversión interesante para el inversionista ya que supera bastante más la tasa de oportunidad esperada de 15%; y finalmente da como resultado \$ 457,689.77 COP, considerado un punto bastante importante ya que el proyecto se consideraría rentable y sería conveniente realizarlo bajo los parámetros calculados en el presente trabajo; adicionalmente, teniendo en cuenta el flujo de caja esperado por el hogar, genera unos rubros interesantes que pueden ser invertidos en otra actividad o requerimiento a la familia, lo que generaría beneficios adicionales a reducir el impacto ambiental o mejorar las costumbres alimenticias con comida saludable.

RECOMENDACIONES

Es crucial destacar que este trabajo sirve como punto de partida para iniciar el funcionamiento y aplicabilidad del cultivo hidropónico en entornos domésticos. Es importante aclarar que para asegurar que el consumo de alimentos cultivados en el hogar sea óptimos y seguros, las personas deben garantizar que quienes se embarquen en este proyecto obtengan los conocimientos complementarios, necesarios y esenciales para garantizar un ciclo de vida adecuado de los alimentos cultivados.

Adicionalmente, se recomienda realizar un ajuste de los precios en mención y los materiales requeridos, para analizar la variación de precios y como puede este costo afectar un flujo de caja al final del ejercicio.

Por último, si se desea realizar cultivos adicionales, tales como hierbas aromáticas, frutos u otros vegetales, es necesario tener un conocimiento previo de que los nutrientes requeridos sean similares a los nutrientes requeridos por las lechugas, con el fin de no generar sistemas de cultivos improductivos e incompatibles.

REFERENCIAS

- Alzate, A. V.-A. (2020) *Sistemas Hidropónicos Adecuados Para La Producción Urbana De Alimentos En Áreas Marginales De Cali*. Santiago De Cali: Universidad Del Vall, Trabajo de Grado - Pregrado – Sede Cali.
- Arano, C. R. (2007 - Julio). *Hidroponía: algunas páginas de su historia*. *Revista Horticultura*, p. 32 [Archivo PDF]
http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rhi58/24_33.pdf.
- Arias, B. A. *Plan de empresa para la creación de Nail Saloon 85* [Tesis]. Universidad Autonoma del Occidente, Facultad de Comunicación Social. Cali, Colombia, 2014.
- Asamblea Constituyente de Colombia. (1991). Constitución Política 1991. *Capítulo 3: De los derechos colectivos y del ambiente*. Colombia: 7 de Julio de 1991 (Colombia)
- Asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos y Comunicaciones. (2020). *El 78% de los hogares colombianos no recicla*:
<https://www.andesco.org.co/en/2020/03/02/el-78-de-los-hogares-colombianos-no-recicla/>.
- Banco de la Republica de Colombia. (05 de junio de 2024). "*Tasas de captación semanales y mensuales*". Bogotá, Cundinamarca, Colombia:
<https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/tasas-captacion-semanales-y-mensuales>.
- Barona, Y. S. (2020) *Construcción e implementación de un cultivo hidropónico en la zona urbana del municipio de Puerto Tejada*. [Tesis de grado] Santander de Quilichao. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD. Santander de Quilichao.
- Bogota, A. D. (junio de 2024). *Abecé del Plan Distrital de Desarrollo (Bogotá camina segura)*. Bogotá, Colombia:
https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/anexo_1._bases_del_plan_distrital_de_desarrollo_2024_-_2027_bogota_camina_segura.pdf

- Bogotá, J. B. (agosto de 2023). *Jardín Botánico inició cursos básicos de Agricultura urbana en Fontibón*. Bogotá, Colombia <https://jbb.gov.co/jardin-botanico-inicio-cursos-basicos-de-agricultura-urbana-en-fontibon/#:~:text=Bogot%C3%A1%2C%20D.C.%208%20de%20agosto,lo%20relacionado%20con%20huertas%20urbanas>.
- Casma, J. C. (10 de mayo de 2015). *Brasil, Colombia y Perú, entre los que más agua tienen en el mundo*. Grupo Banco Mundial.: [https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2015/03/10/brasil-colombia-peru-paises-mas-agua-tienen-en-el-mundo#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20GWP\(Global%20Water,\)y%20Per%C3%BA%20\(octavo\)](https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2015/03/10/brasil-colombia-peru-paises-mas-agua-tienen-en-el-mundo#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20GWP(Global%20Water,)y%20Per%C3%BA%20(octavo)).
- Chito F. S. (Julio de 2015). *Economic Analysis of an Urban Vertical Garden for Hydroponic Production of Lettuce (Lactuca sativa)*. City of Muñoz, Central Luzon State University, Nueva Ecija, Philippines. p. 15-16
- Comercializadora Hydro Environment S.A (2023) *Características y variedades de las lechugas hidroponicas*: https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=293.
- Decreto 2811 de 1974 [con fuerza de ley]. *Por medio del cual se expide el Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. 27 de enero de 1974. D.O. No.34243.
- Decreto Ley 2150 de 1995. *Por el cual se suprimen y reforman regulaciones, procedimientos o trámites innecesarios existentes en la Administración Pública*. Colombia. 05 de Diciembre de 1995. Diario Oficial N 42137, 1.
- Ley 1753 de 2015. *Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018* . Colombia. 9 de junio de 2015. Diario Oficial N 49538, 2
- Decreto 1124 de 1999. *Por el cual se reestructura el Ministerio del Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones*. Colombia. 29 de Junio de 1999. Diario Oficial No 43624.

- Diario Responsable. Diario Responsable. (17 de mayo de 2022). *Obtenido de guerra en Ucrania urge la cooperación ante el desabastecimiento*: <https://diarioresponsable.com/noticias/33166-guerra-en-ucrania-urge-la-cooperacion-ante-el-desabastecimiento-delimentos#:~:text=Este%20es%20el%20caso%20del,que%20no%20deja%20de%20crecer.>
- Dimitra I. PomoDimitra I. Pomoni Maria K. Koukou ORCID, M. G. (Febrero de 2023). *A Review of Hydroponics and Conventional Agriculture Based on Energy and Water Consumption, Environmental Impact, and Land Use*. (A. S. ´nski, Ed.) Suiza. <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/4/1690>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2023). *En 2023 la inflación se desaceleró más de lo esperado con un resultado de 9,28%*. Dirección de estudios económicos . Colombia: DNP.
- Foody. (2022). *10 Reasons to "Go Vertical" with Your Garden*. <https://foodyverticalgarden.com/>.
- Franco, F. M. (Agosto de 2018) *Bogotá, una de las 50 ciudades más grandes del mundo*. *Obtenido de El Tiempo Casa Editorial*: <https://www.eltiempo.com/bogota/listado-de-las-50-ciudades-mas-grandes-del-mundo-256902>
- Gimenez, J. B. (2015) *Cultivo en hidroponía*. Universidad de la Plata, facultad de ciencias agrarías y forestales. Buenos Aires, Argentina: Edulp integra la Red de Editoriales Universitarias Nacionales (REUN).
- Godio, Mili. (mayo de 2021) *7 best indoor garden kits and systems, according to experts*. <https://www.nbcnews.com/select/shopping/best-indoor-garden-kits-ncna1267376>.
- Gomez. S. V. (18 de octubre de 2022). *Cómo impacta la devaluación del peso a la economía colombiana*. *Revista Portafolio*, <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/devaluacion-del-peso-colombiano-impacto-y-consecuencias-572742>

- Gutierrez, A. (2022). *Preocupante panorama de sobrepeso y obesidad en Bogotá. Concejo de Bogotá*. Bogotá D.C, Colombia.
<https://concejodebogota.gov.co/preocupante-panorama-de-sobrepeso-y-obesidad-en-bogota/cbogota/2022-07-05/154930.php#:~:text=El%20exceso%20de%20peso%20en,46%25%20para%20el%20a%C3%B1o%202021.>
- Hernandez, J. (abril de 2022). *Obtenido de Tipos de Sistemas Hidropónicos (Cultivos en agua y aire)*: [https://smeapmexico.org/tipos-de-sistemas-hidroponicos-cultivos-en-agua-y-aire/#:~:text=Los%20sistemas%20hidrop%C3%B3nicos%20se%20pueden,flow%2C%20De%20mecha%2C%20Goteo\).](https://smeapmexico.org/tipos-de-sistemas-hidroponicos-cultivos-en-agua-y-aire/#:~:text=Los%20sistemas%20hidrop%C3%B3nicos%20se%20pueden,flow%2C%20De%20mecha%2C%20Goteo).)
- Hydroponic.co.za. (2023). *NFT Hydroponic System 4 Tier Wall Mounted*.
[https://hydroponic.co.za/hydroponics/nft-hydroponic-system-4-tier-wall-mounted/.](https://hydroponic.co.za/hydroponics/nft-hydroponic-system-4-tier-wall-mounted/)
- Instituto Colombiano de Normas Tecnicas y Certificación (ICONTEC), (23 de Marzo de 2011). *Norma Tecnica Colombiana NTC 5167. Productos para la industria agricola, productos organicos usados como abopnos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo*. Colombia: Icontec, 2011
- Instituto Colombiano de Normas Tecnicas y Certificación (ICONTEC), N. T. (15 de 06 de 2011). *Norma tecnica colombiana sobre fertilizantes. NTC 2879*. Bogotá, Colombia: Icontec, 2011
- Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura. (2017) *La Hidroponía: Cultivos sin Suelo. Serie Horticultura Protegida. Núm. 29. Artículos Técnicos de INTAGRI*.: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo.>
- Izquierdo, R. A. (29 de Julio de 2021) *Día de la Sobrecapacidad 2021: la humanidad consume los recursos naturales anuales hoy, 29 de julio*: https://as.com/diarioas/2021/07/29/actualidad/1627550808_406516.html

- J. M. Durán, N. R. (s.f.). *NGS®: Un nuevo sistema de cultivo hidropónico*. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
- Brenes L. P., Jimenez M. F. (2014) *Manual de producción hidropónica para hortalizas de hoja en sistema NFT*. Cartago: Tecnológico de Costa Rica.
- M^a Belén Acosta. (Agosto de 2019). *Plantas hidropónicas: tipos, lista de ejemplos y cómo cultivarlas*. <https://www.ecologiaverde.com/plantas-hidroponicas-tipos-lista-de-ejemplos-y-como-cultivarlas-2159.html>
- Magán Cañadas, J. (2023). *Infoagro*. Recirculación de las soluciones nutritivas. Manejo y control microbiológico
https://infoagro.com/abonos/docs/recirculacion_nutritiva.htm
- Melo, B. E. (diciembre de 2018). *Sensibilizar acerca del uso razonable del suelo y el cuidado del medioambiente a través*, [Tesis Esp]. Fundación Universitaria Los Libertadores, Colombia, 2018
- Ministerio del Trabajo. *Ministerio del Trabajo*. (09 de Enero de 2024). *Gobierno Colombiano En el 2024 el salario mínimo es de un millón 300 mil pesos y auxilio de transporte de 162 mil pesos*:
<https://www.mintrabajo.gov.co/comunicados/2023/enero/en-el-2024-el-salario-minimo-es-de-un-millon-300-mil-pesos-y-auxilio-de-transporte-de-162-mil-pesos#:~:text=En%20el%202024%20el%20salario,mil%20pesos%20-%20Ministerio%20del%20trabajo>
- Mugira, A. (2023). *¿Cómo determinar el tamaño de la muestra de una investigación de mercados?* Obtenido de Question Pro:
<https://www.questionpro.com/blog/es/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra/>
- New Growing System. (2023). *Tipos de cultivo hidróponico de Multibanda*.
<https://ngsystem.com/multibanda/>

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2015). *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030 Informe resumido*. p. <https://www.fao.org/4/Y3557S/Y3557S00.htm>
- Pané, G. H. National Geographic, (mayo de 2019). *Así serían los jardines colgantes de babilonia en la actualidad*: https://historia.nationalgeographic.com.es/a/asi-serian-jardines-colgantes-babilonia-actualidad_14213.
- Pardo, D. (octubre de 2022). *BBC*. Obtenido de Alejandro Reyes: *“En Colombia no hay un problema de tierras, hay 100 problemas de tierras”*: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-63140225>
- Pomoni, D., Koukou, M., Vrachopoulos, M., & Vasiliadis. (Diciembre de 2022). *A Review of Hydroponics and Conventional Agriculture Based on Energy and Water Consumption, Environmental Impact, and Land Use*. Switzerland: <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/4/1690>.
- Sin autor definido - Revista portafolio (22 de septiembre de 2022). *Productos de la canasta familiar que más han subido y bajado de precio*. Revista Portafolio, <https://www.portafolio.co/economia/productos-de-la-canasta-familiar-que-mas-subieron-y-bajaron-de-precio-en-agosto-570503>.
- Ramirez, G. J.. BID. (22 de diciembre de 2015). Obtenido de Desabastecimiento: *¿Culpa del cambio climático?*, tomado de: <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/desabastecimiento-culpa-del-cambio-climatico/>
- Riaño, N. C. (27 de mayo de 2019). *Conozca cómo es el mapa de los estratos en las grandes ciudades de Colombia*. Obtenido de La Republica: <https://www.larepublica.co/economia/este-es-el-mapa-de-los-estratos-en-las-grandes-ciudades-del-pais-2866032>.
- Rios I.J, Santisteban J.P.. S. (2020) *Cultivos Hidropónicos. Estudio Técnico y Económico a Nivel de Prefactibilidad*. [Tesis de Especialista] Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Rafael.

- Ruiz, G. A. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de control de riego para prototipo automatizado de cultivos aeropónicos de cilantro*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería. Ibagué, Colombia.
- Texier, W. (2013). *Hidroponia para todos - Hidroscope. Todo sobre la horticultura en casa*:
https://www.mamaeditions.com/images/extras/HFEES/9782845940826_intro.pdf. pp. 24-26.
- Ulibarry, P. G. (Marzo 2019). *Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. Obtenido de Biblioteca del Congreso nacional de Chile, Asesoría Parlamentaría*:
https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf. pp. 3 y 4
- Torres, Y. G. *Dime de qué estrato eres, y te diré en cuántos metros vives*. Casa Editorial *El Tiempo - Revista Portafolio*: <https://www.portafolio.co/mis-finanzas/vivienda/estudio-revela-los-metros-cuadrados-en-los-que-vive-una-persona-en-bogota-segun-su-estrato-527130>. (Marzo de 2019) [Acceso: Mayo 2024]