

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

**DISEÑO EFICIENTE DE UN CULTIVO HIDROPONICO NFT PARA
LA PRODUCCION DE CULTIVO AGRICOLA**

**Trabajo de Titulación para la optar al
Título de Ingeniero en Ejecución de
Mecánica de Procesos y Mantenimiento
Industrial.**

Alumno: Luciano Rodríguez Meza

Marcelo Rodríguez Flores

Profesor Guía: Juan José Figueroa C

RESUMEN

DEDICATORIA

Este proyecto es el fruto del esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional de nuestras familias. Queremos dedicar este trabajo a quienes nos han brindado su amor, confianza y respaldo en todo momento.

A nuestras madres, por ser nuestras primeras maestras y por enseñarnos el valor del trabajo duro y la perseverancia. Gracias por sus sacrificios y por estar siempre presentes, animándonos a seguir adelante.

A nuestros hermanos, por ser nuestros compañeros de vida y por apoyarnos en cada paso del camino. Sus palabras de aliento y su comprensión han sido fundamentales para alcanzar este logro.

Con todo nuestro cariño y gratitud.

Luciano Rodríguez Meza y Marcelo Rodríguez Flores

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS.....	8
INDICE DE FIGURAS.....	9
1. OBJETIVO GENERAL	12
2. OBJETIVO ESPECIFICO	12
CAPÍTULO 1.....	13
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	13
5. MOTIVACIÓN O JUSTIFICACIÓN.....	13
5.1 RECTRICCIONES DEL PROYECTO	14
CAPITULO 2	15
6. HIDROPONÍA.....	15
6.1 HISTORIA DE LA HIDROPONÍA	15
6.2 COMPONENTES DEL SISTEMA HIDROPÓNICO	16
6.2.1 PLANTA	17
6.2.2 SOLUCIÓN NUTRITIVA.....	17
6.2.3 SUSTRATO	17
6.2.4 CONTENEDOR.....	17
6.2.5 CONDICIONES CLIMÁTICAS.....	18
6.2.6 RIEGO Y DRENAJE.....	18
7. TIPOS DE CULTIVOS HIDROPÓNICOS.....	18
7.1 SISTEMA HIDROPONICO DE GOTEO (DRIP SYSTEM).....	18
7.2 SISTEMA HIDROPONICO DE MECHA O PABILO.....	19
7.3 SISTEMA HIDROPONICO DE FLUJO Y REFLUJO (EBB & Flow).....	19
7.4 SISTEMA HIDROPONICO DE AEROPONIA	20
7.5 SISTEMA HIDROPONICO DE RAIZ FLOTANTE	20
7.6 SISTEMA NFT	21
8. ALIMENTOS CULTIVADOS EN UN SISTEMA HIDROPONICO.....	21
9. REQUERIMIENTOS DE LOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS.....	24
10. SISTEMAS NFT.	27
10.1 MANEJO DE CULTIVOS EN EL SISTEMA NFT.	27

10.2	REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA NFT	28
10.3	SOLUCION NUTRITIVA.....	30
10.3.1	ELEMENTOS MINERALES ESENCIALES PARA LAS PLANTAS	32
10.3.2	FUNCION Y EFICIENCIA DE LOS NUTRIENTES ESENCIALES PARA LAS PLANTAS.....	32
10.4	SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PLAGAS	37
10.4.1	CONTROL DE PLAGAS EN LAS FASES DE CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS (PLÁNTULA, VEGETATIVO Y FLORACIÓN).	38
10.4.2	PESTICIDAS ORGANICOS.....	39
10.5	BENEFICIOS AMBIENTALES DEL CULTIVO HIDROPONICO NFT	40
10.6	CULTIVO AGRICOLA CONVENCIONAL (COMPARACIONES, DESVENTAJAS E IMPACTO AMBIENTAL)	41
10.6.1	ANTECEDENTES EN CHILE.....	42
10.6.2	COSTOS Y VALORES ASOCIADOS AL CULTIVO AGRICOLA CONVENCIONAL.	43
10.6.3	ANALISIS COMPARATIVO ENTRE EL CULTIVO HIDROPONICO NFT Y CULTIVO AGRICOLA CONVECIONAL.....	45
10.6.3.1	Cultivo hidropónico NFT:	46
10.6.4	VENTAJAS DEL CULTIVO HIDROPONICO V/S CULTIVO TRADICIONAL	47
10.6.5	IMPACTO AMBIENTAL DEL CULTIVO TRADICIONAL	48
10.7	USO DE AGUA EN UN CULTIVO HIDROPONICO NFT V/S CULTIVO TRADICIONAL.	50
10.7.1	CULTIVO HIDROPONICO NFT.....	50
10.7.2	CULTIVO TRADICIONAL AGRICOLA.	50
10.8	PERSPECTIVAS FUTURAS DEL CULTIVO HIDROPONICO NFT EN LA AGRICULTURA GLOBAL	50
	CAPITULO 3:.....	53
	DISEÑO SOLUCION	53
11.	ESQUEMA DEL FUNCIONMIENTO.....	53
11.1	ETAPAS DEL CULTIVO HIDROPONICO NFT	54
11.1.1	CICLOS DE RIEGO.....	55

11.1.2	HORARIOS DE ACCIONAMIENTO BOMBA PERIFÉRICA.	56
11.1.3	CONTROL DE TEMPERATURA	57
11.1.4	COMPONENTES DE PLACA “ARDUINO UNO”:.....	59
11.1.5	PROGRAMACION PARA CONTROL DE TEMPERATURA CON ARDUINO UNO.	61
11.1.6	DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO.....	67
11.1.6.1	CONEXIÓN DETALLADA	67
12.	RECURSOS Y SOSTENIBILIDAD	69
12.1	SELECCIÓN DE BOMBA.....	69
12.1.1	PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA BOMBA RESUN KING-3.....	70
12.2	CANALES DE CULTIVOS	71
12.3	MANOMETRO	72
12.4	FILTRO CAÑERÍA.....	72
12.5	ESTRUCTURA SOPORTE.....	73
12.6	ESTANQUE ACUMULACION VERTICAL	73
13.	DEPRECIACION DE EQUIPOS	74
14.	CUBICACION Y PRESUPUESTO	75
14.1	LISTADO DE MATERIALES PARTE INCLINADA	75
14.2	LISTADO DE MATERIALES PARTE RECTA.....	75
14.3	COSTO DE INSUMOS	76
15.	PLANOS.....	78
16.	SELECCIÓN DE CULTIVO.	79
16.1	LECHUGA HIDROPONICA	79
16.2	LOCALIZACION CLIMATICA Y ACCESIBILIDAD	80
16.3	FORMULACION DE SOLUCION NUTRITIVA PARA LECHUGA HIDROPONICA.....	81
16.3.1	REQUEREMIENTOS NUTRICIONALES.....	81
16.3.2	CANTIDADES DE MACRONUTRIENTES.....	82
16.4	SIMULACION DE CUTIVO PARA LECHUGAS HIDROPONICAS EN SISTEMA NFT.....	83
16.4.1	ETAPA N°1: GERMINACION	83

16.4.2	ETAPA N°2: TRASPLANTE	83
16.4.3	ETAPA N°3 CRECIMIENTO	84
16.4.4	ETAPA N°4 COSECHA.....	84
16.1	GRAFICA DE CULTIVO SIMULADO	85
CAPITULO 4:.....		86
EVALUACIÓN ECONÓMICA		86
17.	ANÁLISIS DE MERCADO	86
17.1	INVESTIGACIÓN DE MERCADO	86
17.2	DEMANDA DEL PRODUCTO	86
17.2.1	SUPERFICE DE LECHUGAS A NIVEL NACIONAL	86
17.2.2	DISTRIBUCION EN REGIONES.....	86
17.2.3	PRECIO PROMEDIO MENSUAL	87
17.2.4	EXPORTACION DE LA LECHUGA EN CHILE	89
17.2.5	NIVEL DE EXPORTACION DE LA LECHUGA	89
17.2.6	TENDENCIAS DEL MERCADO	91
18.	ANÁLISIS FODA	92
19.	PROYECCION FINANCIERA	95
19.1	FLUJO DE CAJA ANUAL.....	96
19.2	CALCULO DE PUNTO DE EQUILIBRIO	99
19.3	CALCULO DE PUNTO DE ROI (RETORNO DE INVERSION)	100
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		101
CONCLUSIONES		101
RECOMENDACIONES		101
BIBLIOGRAFIA		102

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....16

TABLA 2 GERMINACIÓN/COSECHA, TEMPERATURA Y BENEFICIOS NUTRICIONALES 23

TABLA 3 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA NFT 30

TABLA 4 RANGO DE CONCENTRACIÓN SEGÚN DIVERSOS AUTORES 30

TABLA 5 ELEMENTOS UTILIZADOS POR LAS PLANTAS.....32

TABLA 6 FUNCIÓN Y DIFERENCIA DE LOS NUTRIENTES ESENCIALES PARA LAS PLANTAS
.....37

TABLA 7 CONTROL DE PLAGAS.....39

TABLA 8 PESTICIDAS ORGÁNICOS.....40

TABLA 9 BENEFICIOS AMBIENTALES.....41

TABLA 10 INSUMOS/VALORES ESTIMADOS 44

TABLA 11 MANO DE OBRA/ VALORES ESTIMADOS 44

TABLA 12 MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA/ VALORES ESTIMADOS.....44

TABLA 13 GASTOS OPERATIVOS/ VALORES ESTIMADOS 45

TABLA 14 AGRICULTURA TRADICIONAL 46

TABLA 15 CULTIVO HIDROPÓNICO NFT.....46

TABLA 16 VENTAJAS DEL CULTIVO NFT V/S CULTIVO TRADICIONAL 48

TABLA 17 IMPACTO AMBIENTAL DEL CULTIVO TRADICIONAL 49

TABLA 18 CARACTERÍSTICAS TIMER.....55

TABLA 19 HORARIOS DE ACCIONAMIENTO.....56

TABLA 20 PARTES DE PLACA ARDUINO 59

TABLA 21 INDICADORES DE TEMPERATURA.....61

TABLA 22 COMPONENTES ARDUINO.....65

TABLA 23 CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN ARDUINO.....67

TABLA 24 CARACTERÍSTICAS BOMBA PERIFÉRICA. 70

TABLA 25 CARACTERÍSTICAS MANÓMETRO.....72

TABLA 26 CARACTERÍSTICAS FILTRO CAÑERÍA.....73

TABLA 27 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURA SISTEMA NFT.....73

TABLA 28 CARACTERÍSTICAS ESTANQUE ACUMULACIÓN VERTICAL.....74

TABLA 29 DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS.....75

TABLA 30 LISTADO DE MATERIALES PARTE INCLINADA 75

TABLA 31 LISTADO DE MATERIALES PARTE RECTA.....76

TABLA 32 TOTAL DE PRESUPUESTO.....77

TABLA 33 COMPONENTES NUTRICIONALES 82

TABLA 34 RESUMEN DE ETAPAS DEL CULTIVO 85

TABLA 35 VALORES PROMEDIO ANUAL.....88

TABLA 36 EXPORTACIÓN FRANCIA.....90

TABLA 37 EXPORTACIÓN ESTADOS UNIDOS 90

TABLA 38 EXPORTACIÓN HOLANDA.....91

TABLA 39 ANÁLISIS FODA.....93

TABLA 40 CALCULO ENERGÉTICO.....95

TABLA 41 DATOS Y MONTOS.....98

TABLA 42 FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO 98

TABLA 43 FLUJO ACUMULADO POR AÑO.....99

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 COMPONENTES DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO	17
FIGURA 2 SISTEMA HIDROPÓNICO DE GOTEO.....	19
FIGURA 3 SISTEMA HIDROPÓNICO DE MECHA O PABILO.....	19
FIGURA 4 SISTEMA HIDROPÓNICO DE FLUJO Y REFLUJO	20
FIGURA 5 SISTEMA HIDROPÓNICO DE AEROPONIA.....	20
FIGURA 6 SISTEMA DE RAÍZ FLOTANTE	21
FIGURA 7 SISTEMA NFT	21
FIGURA 8 ARAÑA ROJA	37
FIGURA 9 PULGONES.....	37
FIGURA 10 ESCAMAS ALGODONOSA.....	38
FIGURA 11 COCHINILLA.....	38
FIGURA 12 DAMPING-OFF	38
FIGURA 13 FUNCIONAMIENTO FASE 1.....	53
FIGURA 14 FUNCIONAMIENTO FASE 1.2.....	53
FIGURA 15 TIMER ANALÓGICO.....	55
FIGURA 16 LOGO ARDUINO	57
FIGURA 17 PLACA ARDUINO	59
FIGURA 18 OPERADORES	60
FIGURA 19 INTERFAZ DEL SOFTWARE	61
FIGURA 20 CONEXIÓN DE DISPOSITIVOS.....	62
FIGURA 21 SIMULACIÓN DE CONEXIONADO	62
FIGURA 22 INICIO DE SIMULACIÓN	63
FIGURA 23 SIMULACIÓN DE CONEXIONADO	63
FIGURA 24 SIMULACIÓN	63
FIGURA 25 SIMULACIÓN DE CONEXIONADO	64
FIGURA 26 SIMULACIÓN	64
FIGURA 27 SIMULACIÓN DE CONEXIONADO	64
FIGURA 28 BOMBA PERIFÉRICA	69
FIGURA 29 FORMULA NRE.....	70
FIGURA 30 CANALES CULTIVO NFT.....	72
FIGURA 31 MANÓMETRO SISTEMA NFT.....	72
FIGURA 32 FILTRO CAÑERÍA SISTEMA NFT.....	72
FIGURA 33 ESTRUCTURA DE SOPORTE SISTEMA NFT	73
FIGURA 34 ESTANQUE DE ACUMULACIÓN VERTICAL DE SISTEMA NFT.....	74
FIGURA 35 PLANOS CULTIVO NFT	78
FIGURA 36 LECHUGA HIDROPÓNICA.....	79
FIGURA 37 CULTIVOS HIDROPÓNICO NFT	80
FIGURA 38 SOLUCIÓN MADRE	82
FIGURA 39 CANTIDADES EN KG DE SOLUCIÓN NUTRITIVA.....	83
FIGURA 40 SIMULACIÓN DE CULTIVO.....	85
FIGURA 41 SUPERFICIE (HA) A NIVEL NACIONAL DE LECHUGA	86
FIGURA 42 SUPERFICIE (HA) A NIVEL NACIONAL DE LECHUGA	87
FIGURA 43 PRECIO PROMEDIO MENSUAL DE LECHUGA (CLP/KG)	87
FIGURA 44 PRECIO PROMEDIO ANUAL DE LECHUGA (CLP/KG).....	88
FIGURA 45 EXPORTACIÓN POR VALOR DE LECHUGA.....	89
FIGURA 46 EXPORTACIÓN POR VOLUMEN Y PAÍSES DE DESTINO.....	89
FIGURA 47 EXPORTACIÓN DE LECHUGA	90



SIGLA Y SIMBOLOGÍA

- M (m): Metro
- M2: Metro cuadrado
- CM (cm): Centímetro
- MM (mm): Milímetro
- G (g): Gramo
- MG (mg): Milígramos
- MCG (mcg): Microgramo
- L (l): Litro
- ``/ in: Pulgada
- MIN (min): Minuto
- A (a): Amper
- MA (mA): Miliamperios
- Q: Caudal
- D (d): Diámetro
- V: Velocidad
- M3: Metro Cúbico
- S (s): Segundos
- v: Voltaje

INTRODUCCIÓN

Para abordar los desafíos del cambio climático, la degradación ambiental y la pérdida de biodiversidad provocada por la sobreexplotación y la agricultura intensiva, la hidroponía se presenta como una solución innovadora y sostenible. Este método de cultivo no solo optimiza el uso del agua, un recurso cada vez más escaso a nivel global, sino que también ofrece una alternativa más rentable y fácil de controlar en comparación con la agricultura tradicional (Iberdrola, s.f.). En este contexto, la hidroponía se alinea con los principios de la agricultura sostenible, la cual busca satisfacer las necesidades alimentarias y textiles de las generaciones presentes y futuras, manteniendo precios accesibles para los consumidores y garantizando la viabilidad económica del sector agrícola. La agricultura sostenible no solo protege la salud del medio ambiente y conserva los recursos naturales, sino que también responde a las demandas de una sociedad que exige formas de producción más responsables, equitativas y respetuosas con el entorno (Petro Kogut, 2020).

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS.

1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un sistema de cultivo hidropónico que permita la producción de alimentos de manera sostenible, rentable y automatizada.

2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Investigar las características y requerimientos de los cultivos hidropónicos, así como las ventajas y desventajas de esta técnica frente al cultivo tradicional.
- Definir los componentes y materiales necesarios para la construcción del sistema hidropónico, tales como contenedores, soluciones nutritivas, sensores, bombas, válvulas, tuberías, etc.
- Diseñar un prototipo del cultivo hidropónico.
- Realizar una evaluación económica del cultivo hidropónico.

CAPÍTULO 1

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad y a lo largo del tiempo, la industria agrícola en Chile ha enfrentado desafíos significativos debido a la alta demanda de alimentos, a los cambios climáticos, a la escasez de recursos hídricos en gran parte del país, lo que han provocado una reducción de la productividad y un aumento en los costos en cuanto a producción (ODEPA, s.f.).

Frente a un escenario global donde se proyecta un incremento significativo en la demanda de alimentos para el año 2050, la necesidad de implementar soluciones sostenibles y eficientes en la producción agrícola se vuelve cada vez más urgente. En respuesta, el gobierno de Chile, a través del Ministerio de Agricultura y con la operación de INDAP, ha desarrollado un Programa de Promoción y Fortalecimiento de la Producción Sustentable de Cultivos Tradicionales. Este programa busca enfrentar los riesgos asociados a la soberanía alimentaria mediante incentivos para cofinanciar planes de trabajo individuales que incluyan asesoría técnica y apoyo a la comercialización. Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos, persisten desafíos que requieren enfoques innovadores para garantizar la seguridad alimentaria del país en el futuro (INDAP, s.f.).

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este estudio se realizará un prototipo de cultivo hidropónico NFT para la producción de lechugas bajo un sistema automatizado. Además, se definen los componentes y materiales necesarios para el sistema, incluyendo la selección de bombas, canales de cultivo, sensores y soluciones nutritivas.

5. MOTIVACIÓN O JUSTIFICACIÓN

Un estudio de la gestión de los recursos hídricos en Chile señala que “En los últimos años, el estrés hídrico en Chile ha aumentado debido a diversos factores, entre ellos el crecimiento poblacional, la rápida urbanización, la contaminación del agua, el aumento de la demanda de recursos y la mayor variabilidad en la oferta. Actualmente, el país se encuentra clasificado en un estado de estrés hídrico de “alto” a “extremadamente alto” que varía a lo largo del país. Todas las regiones al norte del Maule enfrentan un estrés hídrico extremadamente alto, mientras que la región de Ñuble enfrenta un estrés alto y las regiones del Biobío y la Araucanía enfrentan un estrés medio alto” (Donoso, 2021).

La superficie regada de Chile ha aumentado en los últimos años, alcanzando actualmente aproximadamente 1.100.000 hectáreas irrigadas (27% y 42% de la superficie agrícola y cultivada, respectivamente). El principal sistema de riego utilizado en Chile es el gravitacional, representando el 72% de la superficie regada, siendo un 58% por

inundación, seguido en importancia el microrriego con un 23% y, por último, los sistemas de riego por aspersión, que representan el 5% de la superficie total regada (Donoso, 2021).

Este proyecto tiene como motivación diseñar y analizar un sistema de cultivo hidropónico con el objetivo de evaluar su eficacia en la producción de alimentos y concientizar el uso racional del agua.

5.1 RECTRICCIONES DEL PROYECTO

Se realizará un estudio y propuesta de diseño para un sistema Hidropónico NFT y no se fabricará.

CAPITULO 2

6. HIDROPONÍA

La hidroponía es un sistema de cultivo en el que las raíces de las plantas no están en contacto con el suelo, sino que se encuentran en un sustrato específico o directamente sumergidas en una solución nutritiva. Esta solución contiene todos los elementos esenciales disueltos que las plantas necesitan para su crecimiento y desarrollo. Este método permite un control preciso del entorno de cultivo, optimizando el acceso a nutrientes y agua y, en consecuencia, favoreciendo un crecimiento más eficiente y productivo de las plantas (INTRAGRI, 2017).

6.1 HISTORIA DE LA HIDROPONÍA

La hidroponía ha avanzado rápidamente gracias a investigaciones que han identificado los elementos clave para el crecimiento de las plantas. Aunque los primeros estudios formales sobre este método datan de alrededor del año 1600, la idea de cultivar plantas sin suelo es mucho más antigua (INTAGRI, 2017).

HECHOS MAS IMPORTANTES DE LA HIDROPONIA.

<i>Orígenes ancestrales.</i> <i>(382 A.C)</i>	La historia de los cultivos hidropónicos se remonta a civilizaciones antiguas que encontraron formas ingeniosas de cultivar plantas sin utilizar suelo. Los jardines colgantes de Babilonia y las chinampas aztecas son ejemplos tempranos de métodos hidropónicos rudimentarios utilizados para el cultivo de alimentos.
<i>Experimentos por botánicos. (Siglo XVII)</i>	En el siglo XVII, el científico británico John Woodward llevó a cabo experimentos para demostrar que las plantas podían crecer en agua con nutrientes disueltos, sus investigaciones sentaron las bases para el desarrollo de los cultivos hidropónicos modernos.
<i>Descubrimientos científicos.</i> <i>(Siglo XIX)</i>	A finales del siglo XIX, botánicos y científicos realizaron estudios fundamentales sobre la absorción de nutrientes por parte de las plantas. Estos estudios sentaron las bases científicas para el desarrollo de la hidroponía y la comprensión de los procesos vitales de las plantas en ausencia de suelo.
<i>Experimentos de William F. Gericke.</i> <i>(1920)</i>	En la década de 1920, el científico californiano William F. Gericke acuñó el término "hidroponía" y realizó experimentos en los que cultivaba plantas en soluciones acuosas con nutrientes. Su trabajo destacó el potencial

	de los cultivos hidropónicos en la producción de alimentos de manera eficiente y sostenible.
Avances en la tecnología. (1930)	Durante la década de 1930, se desarrollaron diferentes sistemas hidropónicos, como la técnica de la película de nutrientes (NFT) y la técnica de la solución nutritiva flotante (DFT). Estos avances permitieron un mayor control sobre el suministro de agua y nutrientes a las plantas, mejorando su crecimiento y productividad
La NASA y la hidroponía espacial. (1960)	En la década de 1960, la NASA comenzó a investigar los cultivos hidropónicos como una forma de producir alimentos en el espacio. La hidroponía demostró ser una solución eficiente para cultivar plantas en entornos cerrados, donde el acceso al suelo y los recursos naturales es limitado.
Expansión en la agricultura comercial. (1970)	Durante la década de 1970, los cultivos hidropónicos se extendieron en la agricultura comercial. Especialmente en la producción de cultivos de hojas verdes y vegetales de alta calidad en invernaderos. Los sistemas hidropónicos ofrecieron un mayor control sobre las condiciones de crecimiento, lo que resultó en una mayor productividad y calidad de los cultivos.
Futuro prometedor	A medida que aumenta la demanda de alimentos frescos y sostenibles, los cultivos hidropónicos se posicionan como una solución clave para abordar los desafíos alimentarios globales. La capacidad de cultivar alimentos en entornos controlados y sin depender de las condiciones climáticas y los recursos naturales limitados ofrece un potencial significativo para garantizar una producción de alimentos más eficiente y resiliente en el futuro.

Tabla 1 Antecedentes Históricos

Fuente: Smithers Oasis, s.f.

6.2 COMPONENETES DEL SISTEMA HIDROPÓNICO

El sistema hidropónico se compone de varios elementos los cuales están estrechamente relacionados unos con otros (Figura 1). Estos componentes se pueden agrupar en los que van directamente enfocados a la parte radicular de planta, que son el sustrato, el

contenedor de solución nutritiva, el riego y el drenaje, de los cuales al definirlos podremos establecer el tipo de sistema hidropónico a utilizar y, por otro lado, el componente nombrado como condiciones climáticas el cual engloba a la temperatura, la humedad atmosférica y la luz, que son factores indispensables para la vida de las plantas independientemente de si se esté usando a la hidroponía o no.

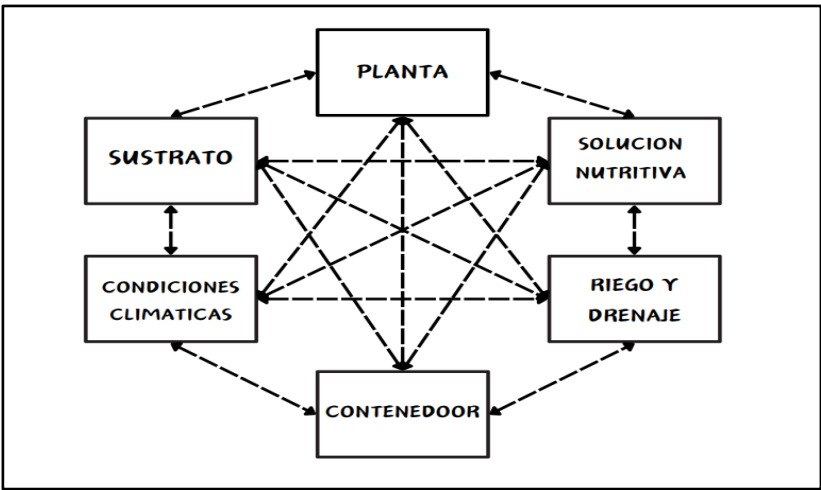


Figura 1 Componentes de un sistema hidropónico

Fuente: Smithers Oasis, s.f.

6.2.1 PLANTA

Corresponde al elemento más importante del sistema hidropónico y su calidad depende directamente de la correcta funcionalidad de los demás componentes. Se caracterizan por ser de alto valor comercial, dentro de las cuales se encuentran hortalizas, especias aromáticas y ornamentales. (Smithers Oasis, S.F).

6.2.2 SOLUCIÓN NUTRITIVA

Se define como un conjunto de sales minerales disueltas en el agua, las cuales pueden variar en cantidad dependiendo de la especie y etapa fenológica de la planta. Se formula iniciando desde un análisis de agua, la especie, la etapa fenológica y las condiciones ambientales del lugar donde se cultivará. Además, es importante que esta solución sea equilibrada y balanceada (Smithers Oasis, s.f.).

6.2.3 SUSTRATO

Son materiales distintos al suelo que permiten la germinación y el anclaje de las raíces de las plantas y su uso se prefiere siempre desde un inicio para que al realizar el trasplante no contaminen la solución nutritiva. Se clasifican por su origen en: sustratos orgánicos e inorgánicos (Smithers Oasis, s.f.).

6.2.4 CONTENEDOR

Se encarga de almacenar la solución nutritiva, por lo tanto, alberga a las raíces. Para ser un contenedor óptimo para el desarrollo de las raíces debe cumplir con dos condiciones

importantes: impedir la luz y ser del tamaño necesario, además deben estar fabricados con materiales que no liberen sustancias tóxicas, por lo que se prefieren los de plástico o PVC. Algunos ejemplos son: bolsas y sacos de plástico, macetas, tubos, canaletas, tinas o camas de cultivos. El contenedor de elección dependerá principalmente del sistema hidropónico elegido (Smithers Oasis, s.f.).

6.2.5 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Es importante analizar las características climáticas de una zona en base a las necesidades de las plantas que se desean cultivar (Smithers Oasis, s.f.).

Luz: Es el factor ambiental que más influye en el crecimiento de las plantas, ya que una gran parte de los procesos biológicos dependen de la energía solar, incluyendo la fotosíntesis, además influye también en los procesos de movimiento y formación de las plantas en los tropismos, la orientación, el alargamiento del tallo, la formación de pigmentos y la clorofilo, por lo que cada especie va a requerir de una cantidad específica de radiación luminosa para expresar su potencial productivo (Smithers Oasis, s.f.).

Temperatura: Está directamente relacionada con la fotosíntesis, respiración, permeabilidad de la membrana celular, absorción de agua y nutrientes, transpiración, actividad enzimática, entre otras. La temperatura óptima va a depender de la especie, sin embargo, el rango es casi siempre entre 10° a 25°C (Smithers Oasis, s.f.).

6.2.6 RIEGO Y DRENAJE

Tienen como objetivo poner la solución nutritiva a disposición de las raíces de las plantas para así satisfacer las necesidades hídricas y nutritivas de los cultivos, en el momento adecuado y en la cantidad necesaria. La forma de regar va a depender de cómo se observa la planta y en base a la radiación acumulada, ya sea por básculas, por análisis de curvas de drenaje o por referencias. Además, es importante que en los sistemas hidropónicos con sustrato se deba medir el volumen, el pH y la conductividad eléctrica del agua de riego y drenaje, ya que son los indicadores más fidedignos para saber que tan bien o mal se está regando (Smithers Oasis, s.f.).

7. TIPOS DE CULTIVOS HIDROPÓNICOS

Existen diferentes tipos de cultivos hidropónicos, se mencionan los tipos más comunes de sistemas hidropónicos; a fin de conocer sus ventajas y desventajas (Verdegen, 2017).

7.1 SISTEMA HIDROPONICO DE GOTEO (DRIP SYSTEM)

En estos sistemas de riego, un temporizador controla una bomba que dirige la solución nutritiva hacia las raíces de las plantas en forma de gotas. En ciertos sistemas, se puede recolectar el exceso de solución para usarla nuevamente, mientras que, en otros, este excedente se desecha (Verdegen, 2017).

Aunque un sistema hidropónico de recuperación permite aprovechar los nutrientes de manera más eficiente, es más fácil controlar el pH y la concentración de los nutrientes en un sistema sin recuperación de solución nutritiva. (Verdegen, 2017).

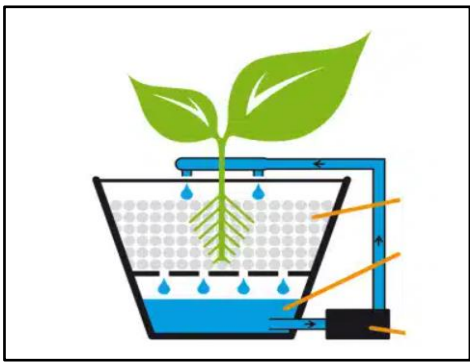


Figura 2 Sistema hidropónico de goteo

7.2 SISTEMA HIDROPONICO DE MECHA O PABILO

Esta técnica no necesita bomba para mover la solución nutritiva desde el depósito hasta las bandejas de cultivo. En su lugar, las plantas obtienen los nutrientes a través de mechas o pabilos, se caracteriza por ser un sistema bastante flexible y puede adaptarse a diferentes tipos de sustratos, pero solo es adecuado para plantas que necesitan poca agua (Verdegen, 2017).



Figura 3 Sistema hidropónico de mecha o pabilo

7.3 SISTEMA HIDROPONICO DE FLUJO Y REFLUJO (EBB & Flow)

En un sistema de flujo y reflujo las bandejas de cultivo se inundan temporalmente con solución nutritiva, que luego se drena de vuelta al depósito a través de una bomba controlada por un temporizador que se activa varias veces al día, una vez que la bomba deja de funcionar, toda la solución nutritiva se vuelve a incorporar al estanque (Verdegen, 2017).

Este sistema es versátil, puede ser implementado con distintos tipos de sustrato y que permite el crecimiento de varias especies vegetales, siempre y cuando la bomba esté funcionando en óptimas condiciones. (Verdegen, 2017).

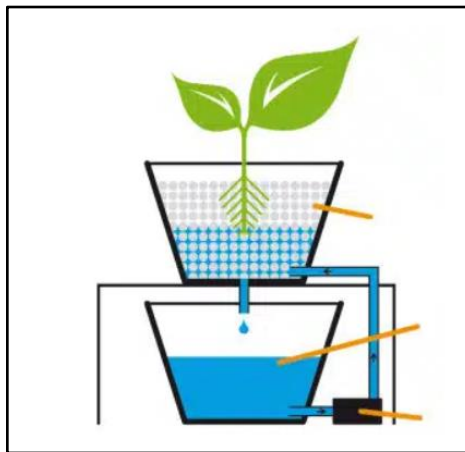


Figura 4 Sistema hidropónico de flujo y reflujo

7.4 SISTEMA HIDROPONICO DE AEROPONIA

Es una técnica en la que las raíces se encuentran suspendidas en el aire, dentro de un medio oscuro, y se nebulizan con solución nutritiva cada determinado momento, se caracteriza por ser una técnica altamente eficiente, pero de lo contrario las raíces pueden secarse rápidamente si los ciclos de nebulización se interrumpen. (Verdegen, 2017).

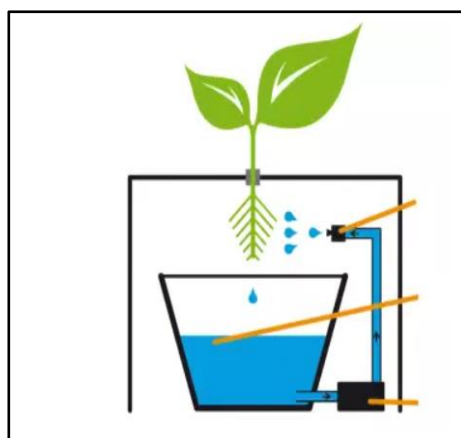


Figura 5 Sistema hidropónico de AEROPONIA

7.5 SISTEMA HIDROPONICO DE RAIZ FLOTANTE

En este método, las plantas se colocan en una lámina o balsa, generalmente de unicel, que flota sobre la solución nutritiva, sumergiendo sus raíces en ella. Una bomba de aire suministra el oxígeno necesario para el desarrollo óptimo de las raíces (Verdegen, 2017).

Este es uno de los sistemas hidropónicos más simples y económicos, muy utilizado en aulas y actividades educativas. Sin embargo, solo unas pocas plantas prosperan en este sistema, como la lechuga y otras hojas verdes. (Verdegen, 2017).



Figura 6 Sistema de raíz flotante

7.6 SISTEMA NFT

La técnica de película nutritiva (NFT) consiste en crear una película recirculante de solución nutritiva, la cual es bombeada desde un depósito hacia bandejas de crecimiento o tubos de PVC con plantas (Verdegen, 2017).

En este sistema la solución entra en contacto con las raíces de la planta antes de regresar al depósito. (Verdegen, 2017).

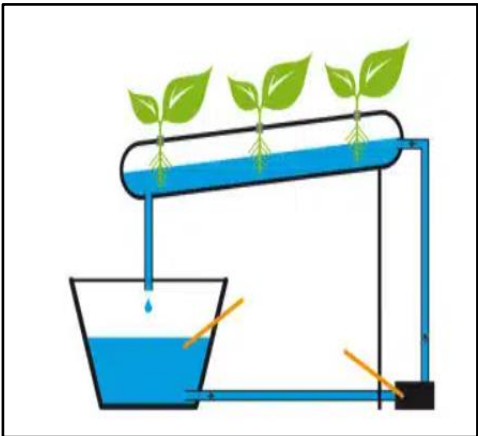


Figura 7 Sistema NFT

8. ALIMENTOS CULTIVADOS EN UN SISTEMA HIDROPONICO

Como se mencionó anteriormente, las plantas que generalmente se cultivan en sistemas hidropónicos son de alto valor comercial, de las cuales se destacan las de uso alimenticio y especias aromáticas (Smithers Oasis, s.f.).

A continuación, se presenta una tabla con las plantas que se cultivan con mayor frecuencia (Tabla 2):

Alimentos	Tiempo Germinación-Cosecha	Temperatura Ideal	Distancia Mínima entre Plantas	Beneficios Nutricionales
Lechuga 🥬	30-45 días	18-24°C	20-30 cm	Rica en vitamina K, A y C, fibra, baja en calorías

Espinaca 	40-50 días	16-24°C	15-20 cm	Alta en hierro, calcio, vitamina C, K y A, antioxidantes
Albahaca 	60-75 días	20-25°C	15-20 cm	Alta en vitamina K, A y C, antioxidantes, propiedades antiinflamatorias
Fresas 	60-70 días	18-24°C	20-25 cm	Ricas en vitamina C, antioxidantes, fibra, ácido fólico
Pepino 	50-70 días	20-25°C	30-40 cm	Alta en agua, baja en calorías, fuente de vitamina K y antioxidantes
Tomate 	60-80 días	20-25°C	40-60 cm	Rico en vitamina C, potasio, folato, antioxidantes, especialmente licopeno
Pimiento 	70-90 días	20-26°C	30-40 cm	Alto en vitamina C, A y B6, antioxidantes, fibra
Rúcula 	30-40 días	18-24°C	15-20 cm	Alta en vitamina K, A, ácido fólico, antioxidantes
Cilantro 	40-50 días	20-24°C	15-20 cm	Rico en vitamina K, antioxidantes, propiedades antimicrobianas
Menta 	60-90 días	20-24°C	20-30 cm	Rica en vitamina A, C, antioxidantes, propiedades digestivas
Perejil 	70-90 días	20-24°C	20-25 cm	Alta en vitamina K, C, A, antioxidantes
Acelga 	50-60 días	18-24°C	20-30 cm	Rica en vitamina K, A, C, magnesio, antioxidantes
Kale 	50-65 días	18-24°C	30-45 cm	Alto en vitamina K, A, C, calcio, antioxidantes

Zanahoria 	60-80 días	16-24°C	5-10 cm	Rica en vitamina A, fibra, antioxidantes
Brócoli 	70-100 días	18-24°C	45-60 cm	Rico en vitamina C, K, folato, antioxidantes
Rábano 	25-35 días	16-24°C	5-10 cm	Alto en vitamina C, fibra, antioxidantes
Calabacín 	45-55 días	20-26°C	60-90 cm	Alto en vitamina C, B6, antioxidantes, baja en calorías
Cebolla Verde 	30-40 días	18-24°C	10-15 cm	Rica en vitamina K, C, folato, antioxidantes
Apio 	85-100 días	15-21°C	20-25 cm	Bajo en calorías, rico en vitamina K, antioxidantes
Col Rizada 	60-80 días	18-24°C	30-45 cm	Alta en vitamina K, A, C, fibra, antioxidantes
Endibia 	50-60 días	15-20°C	20-30 cm	Rica en vitamina K, ácido fólico, fibra
Coliflor 	70-100 días	18-24°C	45-60 cm	Rica en vitamina C, K, folato, antioxidantes
Pak Choi 	30-45 días	15-20°C	20-30 cm	Rica en vitamina C, K, folato, antioxidantes
Berro 	30-40 días	10-15°C	10-15 cm	Alto en vitamina K, C, antioxidantes
Orégano 	60-80 días	20-25°C	20-25 cm	Alto en vitamina K, antioxidantes, propiedades antimicrobianas
Tomillo 	60-80 días	18-24°C	15-20 cm	Rico en vitamina C, A, antioxidantes, propiedades antimicrobianas
Estragón 	60-90 días	20-25°C	20-25 cm	Alto en vitamina A, C, antioxidantes, propiedades digestivas

Tabla 2 Germinación/cosecha, temperatura y beneficios nutricionales

Fuente: Zárate, 2014.

9. REQUERIMIENTOS DE LOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS

Temperatura: Los cultivos hidropónicos necesitan una temperatura adecuada para crecer. La temperatura óptima puede variar según el tipo de cultivo, pero generalmente está entre los 18°C y los 27°C. Estas se pueden controlar con aparatos externos como ventiladores o calefactores.

Iluminación: En caso de que la luz natural no sea suficiente, se debe considerar la instalación de luces LED específicas para el cultivo hidropónico. Las plantas en proceso de fotosíntesis necesitan luz de espectro visibles que abarcan colores desde el azul, verde y rojo, cada uno de estos colores cumple un rol fundamental, desde el crecimiento hasta la maduración total del vegetal.

- **Azul (400-500 lm):** La luz azul es crucial para el crecimiento vegetativo de las plantas, ya que estimula el crecimiento de las hojas y los tallos. Ayuda a regular el crecimiento de las plantas al influir en la morfología y la apertura de las estomas, así como en la formación de clorofila.
- **Verde (500-600 lm):** Aunque las plantas reflejan la mayor parte de la luz verde, todavía la utilizan en el proceso de fotosíntesis. La luz verde también ayuda a regular el crecimiento de las plantas y contribuye a la formación de clorofila.
- **Rojo (600-700 lm):** La luz roja es esencial para la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas. Es especialmente importante durante la fase de crecimiento vegetativo, ya que promueve el desarrollo de las hojas grandes y saludables, así como el crecimiento de los tallos.

Estos colores son absorbidos por los pigmentos fotosintéticos de las plantas, como la clorofila, que convierten la energía lumínica en energía química durante el proceso de fotosíntesis. Es importante proporcionar una iluminación adecuada con una combinación equilibrada de estos colores para asegurar un crecimiento saludable y óptimo del cultivo hidropónico durante la fase de crecimiento. Para mejorar la calidad del cultivo se recomienda proporcionar entre 1500 y 3000 lúmenes por metro cuadrado, esta cantidad de luz promueve un crecimiento saludable de las hojas y tallos.

Por otro lado, en la fase de desarrollo y maduración pueden requerir una mayor intensidad lumínica. En esta etapa se pueden proporcionar entre 3000 y 6000 lúmenes por metro cuadrado para promover un desarrollo adecuado y una buena calidad de cosecha.

Control ambiental: Es importante controlar la temperatura, humedad y ventilación del ambiente para asegurar el éxito del cultivo hidropónico.

EC (conductividad eléctrica): Es un parámetro fundamental en el cultivo hidropónico NFT (NUTRIENT FILM TECHNIQUE) por las siguientes razones:

La EC indica la concentración de sales disueltas en la solución nutritiva. Como las plantas se alimentan directamente de la solución nutritiva circulante, es crucial mantener la concentración de nutrientes dentro de un rango óptimo para un óptimo crecimiento de ellas.

La EC proporciona una medida cuantitativa de la fuerza iónica de la solución nutritiva. Esto permite a los agricultores ajustar la concentración de nutrientes según las necesidades específicas de las plantas en diferentes etapas de crecimiento. Por ejemplo, durante la fase de crecimiento vegetativo, es posible que las plantas necesiten una concentración más alta de nitrógeno, mientras que, durante la floración o fructificación, pueden requerir una mayor proporción de fósforo y potasio.

Una EC incorrecta puede llevar a problemas de sobrealimentación (exceso de nutrientes) o subalimentación (deficiencia de nutrientes) en las plantas lo que puede resultar en un crecimiento deficiente, estrés de las plantas e incluso la muerte en casos extremos. Tener un control preciso de la EC ayuda a prevenir estos problemas.

La EC también puede indicar la calidad del agua utilizada en el sistema hidropónico. El agua con una EC muy alta puede indicar la presencia de altas concentraciones de sales solubles, lo que puede ser perjudicial para las plantas. Por otro lado, una EC muy baja puede indicar la falta de minerales esenciales en el agua, lo que podría requerir la adición de suplementos nutricionales.

El PH (Potencial de Hidrogeno): Es un parámetro fundamental en el cultivo hidropónico NFT (NUTRIENT FILM TECHNIQUE) por las siguientes razones:

- **Absorción de nutrientes:** Cada nutriente tiene un rango de pH en el cual es más fácilmente absorbido por las raíces, por lo tanto, mantener el pH dentro de un rango óptimo garantiza que las plantas puedan absorber eficientemente todos los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo saludables.
- **Equilibrio iónico:** Cuando el pH está fuera de los rangos adecuados, puede haber una mayor o menor disponibilidad de iones, lo que puede afectar negativamente la absorción de nutrientes y conducir a deficiencias o toxicidades en las plantas.
- **Prevención de bloqueo de nutrientes:** Un pH inadecuado puede causar bloqueo de nutrientes en el sistema radicular de las plantas. Por ejemplo, un pH demasiado bajo puede provocar la acumulación de iones de hidrógeno (H^+) en el medio de cultivo, lo que compite con los cationes de nutrientes esenciales como el calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}) y potasio (K^+), dificultando su absorción. Del mismo modo, un pH demasiado alto puede conducir a la precipitación de ciertos nutrientes, volviéndolos inaccesibles para las plantas.

- **Salud y vigor de las plantas:** Cuando las condiciones son óptimas, las plantas pueden utilizar eficientemente los nutrientes, lo que resulta en un crecimiento más saludable, una mayor resistencia a enfermedades y plagas, así como una producción de cultivo más vigorosa y de mejor calidad.
- **Microbiología del suelo:** Mantener un pH adecuado, promueve un ambiente favorable para microorganismos beneficiosos que pueden ayudar a descomponer la materia orgánica, mejorar la disponibilidad de nutrientes y proteger las raíces de enfermedades.

10. SISTEMAS NFT.

Fue desarrollado en el GLASSHOUSE CROP RESEARCH INSTITUTE ubicada en Inglaterra, en la década de los sesenta, su creador fue el Dr. Allan Cooper, quien montó originalmente un sistema consistente de un complejo circuito de canales de concreto donde el flujo de la solución nutritiva se mantenía gracias al funcionamiento, este sistema era activado por dos bombas en un principio, pero el transcurso del tiempo y los avances tecnológicos hicieron que este sistema se fuera simplificado, utilizando una sola bomba impulsora, aunque persistió la utilización de canales de cemento. Desde esa época, parte de la producción bajo invernadero fue reemplazada por la técnica "NFT" debido a la alta incidencia y costo del control de enfermedades de suelo. Países del norte de Europa, especialmente, han utilizado el sistema bajo invernadero para cultivar hortalizas de consumo en fresco y de alta calidad. Se destaca la producción de lechugas con un alto número de rotaciones anuales y la de tomates, con un período extendido de producción que permite la obtención de muy altos rendimientos. (Carrasco et al., 1996)

10.1 MANEJO DE CULTIVOS EN EL SISTEMA NFT.

La solución nutritiva es bombeada hacia el extremo más alto de cada canal y fluye por gravedad, pasa por las raíces de las plantas hacia las tuberías de desagüe, pero va irrigando la parte inferior de las raíces hasta que finalmente cae de regreso al depósito de agua (Carrasco et al.,1996).

Para automatizar este sistema se puede conectar la bomba a un TIMER y programar los riegos. El TIMER prende y apaga la bomba, se programan los riegos y el sistema queda automatizado. De esta manera la frecuencia de riegos dependerá de la zona geográfica y época del año, pero generalmente comienzan por la mañana hasta la tarde en frecuencia de 15 minutos prendido, 30 minutos apagado (Carrasco et al.,1996).

En los momentos de mayor calor (mediodía) los riegos se efectúan en intervalos de 15 minutos prendido, 15 minutos apagado. Se debe mantener un volumen constante en el depósito, esto se logra adicionando el agua que se va consumiendo y alimentando con solución en la medida que sea necesario. Por ejemplo, en un tanque de 1100 LT, que alimentan 700 plantas, deberemos tener un volumen constante de 900 LT. o mediante un mecanismo de flotador en sistemas comerciales (Carrasco et al.,1996).

Para colaborar con la oxigenación, es recomendable dejar 50 cm de caída para que la solución nutritiva, al retornar al tanque, forme una cascada, esta técnica está en constante evolución y permite desarrollar la inventiva personal para crear nuevos y mejores diseños (Carrasco et al.,1996).

En cada tubo hay orificios de forma circular donde se colocarán canastillas para alojar las plantas y para fijarlas se usan esponjas. Por otro lado, los canales están sujetos a una

mesa y con una ligera inclinación o desnivel que a su vez proporciona la circulación de la solución nutritiva (Carrasco et al.,1996).

10.2 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA NFT

Para establecer un sistema de cultivo hidropónico NFT, se deben considerar varios requerimientos en términos de infraestructura, equipo, condiciones ambientales y manejo (Tabla 3).

<i>Infraestructura básica.</i>	Espacio de cultivo	Estructura de soporte
	Invernadero: Protección contra las inclemencias del tiempo y control de condiciones ambientales.	Canales de cultivo: Generalmente hechos de PVC o materiales similares, inclinados ligeramente para permitir el flujo de nutrientes.
	Superficie nivelada: Para asegurar el flujo de la solución nutritiva.	Soportes: Para sostener los canales en su lugar y mantener la inclinación correcta.
<i>Sistema de riego.</i>	Bomba de agua	Tubos y conexiones
	Capacidad: Debe ser capaz de mantener un flujo constante de solución nutritiva a través de los canales. Fiabilidad: Preferiblemente una bomba sumergible de alta calidad.	Distribución del Agua: Tubos para llevar la solución desde el tanque a los canales y de regreso. Conectores y Válvulas: Para controlar el flujo y la dirección de la solución nutritiva.
<i>Tanque de solución nutritiva.</i>	Tanque de almacenamiento	Mezcla de nutrientes
	Capacidad: Suficiente para almacenar la solución nutritiva necesaria para el sistema. Material: Resistente a la corrosión y adecuado para contener soluciones nutritivas.	Fertilizantes Hidropónicos: Especialmente formulados para sistemas NFT, que incluyen macronutrientes (N, P, K) y micronutrientes (Fe, Mn, Zn, etc.).
<i>Condiciones ambientales.</i>	Control del clima	Iluminación

	Temperatura: Idealmente entre 18-24°C para la mayoría de las plantas. Humedad Relativa: Entre 50-70%.	Luz Natural: Ubicación del invernadero para maximizar la exposición al sol. Luz Artificial: LEDs o lámparas de crecimiento si la luz natural no es suficiente, con una intensidad y duración adecuada.
Monitoreo y control	Sensores	Sistema de control
	pH: Para asegurar que la solución nutritiva esté en el rango adecuado (5.5-6.5). Conductividad Eléctrica (EC): Para medir la concentración de nutrientes en la solución. Temperatura y Humedad: Para monitorear las condiciones ambientales.	Automatización: Controladores para regular el pH, EC, temperatura y flujo de la solución nutritiva. Alertas y Notificaciones: Sistemas para alertar en caso de condiciones fuera de rango.
Plantas y sustratos	Elección de cultivos	Sustratos de iniciación
	Plantas Adecuadas: Lechugas, espinacas, fresas, hierbas aromáticas, etc., que se adapten bien a sistemas NFT.	Cubos de Lana de Roca, Perlita o Vermiculita: Para iniciar las plantas antes de transferirlas al sistema NFT.
Mantenimiento y operación	Limpieza regular	Inspección de plantas
	Limpieza de Canales: Para prevenir la acumulación de algas y residuos. Mantenimiento de Bombas y Filtros: Para asegurar un flujo constante y sin obstrucciones.	Monitoreo de Salud de las Plantas: Revisar regularmente las raíces y el follaje para detectar enfermedades o deficiencias nutricionales. Desechos de Plantas y Solución Nutritiva: Métodos adecuados para la disposición de residuos y solución nutritiva vieja.

Aspectos legales y normativos	Permisos y licencias	Seguridad laboral
	Regulaciones Locales: Cumplir con los requisitos legales para la instalación y operación de un sistema de cultivo hidropónico.	Protocolos de Seguridad: Para proteger a los trabajadores y asegurar un ambiente de trabajo seguro.

Tabla 3 Requerimientos del sistema NFT

Fuente: Carrasco, et al., 1996.

10.3 SOLUCION NUTRITIVA

La formulación de una solución nutritiva se refiere a la concentración de los elementos nutritivos que la componen, expresados, generalmente, en partes por millón (ppm), miligramos por litro (mg/l) o gramos por 1000 litros (g/1000 l) (Carrasco et al.,1996).

A lo largo del proceso de investigación y desarrollo del sistema "NFT", se han descrito un gran número de formulaciones que difieren en los fertilizantes que aportan los elementos nutritivos, pero no mayormente en los rangos de concentración óptimos de cada elemento (Tabla 4) (Carrasco et al.,1996).

Concentración (ppm)							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
N	210	168	150-225	106	172	200-236	167
P	31	41	30-45	62	41	60	31
K	234	156	300-500	156	300	300	277
Mg	34	36	40-50	48	48	50	49
Ca	160	160	150-300	93	180	170-185	183
S	64	48	--	64	158	68	--
Fe	2,5	2,8	3-6	3,8	3	12	2-4
Mn	0,5	0,54	0,5-1	0,81	1,3	2	0,62
B	0,5	0,54	0-0,4	0,46	1	0,3	0,44
Cu	0,02	0,064	0,1	0,05	0,3	0,1	0,02
Zn	0,05	0,065	0,1	0,09	0,3	0,1	0,11
Mo	0,01	0,04	0,05	0,03	0,07	0,2	--

Tabla 4 Rango de concentración según diversos autores

(1) Hoagland y Arnon (2) Hewitt (1966) (3) FAO (1990) (4) Jensen (Sin Fecha) (5) Larsen (Sin Fecha) (6) Cooper (1979) (7) Steiner (1984)
--

Fuente: Carrasco et al.,1996.

¿CUÁLES SON LOS PARÁMETROS QUE DETERMINAN LA ELECCIÓN DE UNA FORMULACIÓN EN PARTICULAR, ESPECIALMENTE SI SE ENCUENTRAN DISPONIBLES DIFERENTES FORMULACIONES Y LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES ESENCIALES ES SIMILAR?

Uno de los aspectos a considerar, es la incorporación mínima de elementos minerales no esenciales para el crecimiento de las plantas (sulfatos, por ejemplo), ya que su acumulación aumenta la concentración de sales de manera innecesaria, que de ser un exceso puede perjudicar la capacidad de absorción de agua por el cultivo (Carrasco et al.,1996).

Por lo tanto, la formulación seleccionada debe incluir fertilizantes que suministren en mayor medida los nutrientes esenciales, mientras que aquellos elementos no deseados deben estar presentes en cantidades mínimas. Otra consideración crucial está relacionada con el manejo de la solución nutritiva. La corrección de la solución en este sistema se basa en la medición de la concentración de nutrientes a través de la conductividad eléctrica. Una alta acumulación de elementos no esenciales puede distorsionar la medición de los nutrientes realmente necesarios para las plantas. También es fundamental considerar el costo de la solución nutritiva al elegir una formulación, lo que implica realizar estudios preliminares específicos para el tipo de cultivo (Carrasco et al.,1996).

Habitualmente, la formulación concentrada se divide en dos soluciones concentradas, conocidas como Solución Concentrada A y Solución Concentrada B. La razón para separar los fertilizantes en dos grupos es prevenir reacciones entre ciertas sales que pueden formar compuestos con muy baja solubilidad, lo que resultaría en precipitación y reducción de la efectividad de la solución (Carrasco et al.,1996).

10.3.1 ELEMENTOS MINERALES ESENCIALES PARA LAS PLANTAS

Macroelementos primarios	Símbolo o forma	Forma en la que es absorbida por la planta
Nitrógeno	N	NO3 =, NH, N2
Fosforo	P2 O5	PO4 H2 - , PO4 H
Potasio	K2 O	K+
Macroelementos secundarios	Símbolo o forma	Forma en la que es absorbida por la planta
Calcio	Ca	Ca++
Magnesio	Mg	Mg++
Azufre	S	SO4
Microelementos		
Hierro	Fe	Fe++, Fe+++
Manganeso	Mn	Mn++
Zinc	Zn	Zn++
Cobre	Cu	Cu++
Molibdeno	Mo	Mo O
Boro	B	Borato

Tabla 5 Elementos utilizados por las plantas

Fuente: Zárate, 2014.

10.3.2 FUNCION Y EFICIENCIA DE LOS NUTRIENTES ESENCIALES PARA LAS PLANTAS.

Macroelementos primarios.	Función.	Deficiencia.
Nitrógeno	• Forma parte de las proteínas y la clorofila. • Responsable del color verde oscuro de las plantas. • Promueve el desarrollo de hojas y tallos. • Mejora la calidad de las hortalizas que se cultivan por sus hojas • Produce un desarrollo rápido en las fases iniciales de crecimiento.	• Adelgazamiento de los tallos que crecen erectos con una consistencia leñosa. • Hojas más pequeñas que lo normal, con una coloración verde claro o amarillas. • Las hojas inferiores son las que muestran los primeros síntomas. En deficiencias

	Incrementa el contenido de proteínas.	severas, los síntomas son visibles en todo el follaje. Las plantas crecen lentamente.
Fosforo	- Forma parte del ácido nucleico y los fosfolípidos. En el período del desarrollo inicial de la planta, promueve la formación de partes reproductivas. - Favorece el desarrollo radicular. - Es indispensable para que las plantas tengan un buen desarrollo inicial. - Propicia la madurez temprana de los cultivos. - Favorece la floración y ayuda en la formación de la semilla.	- Los tallos se adelgazan y se acortan. - Las hojas manifiestan una coloración morada, inicialmente en la parte inferior (envés), para posteriormente manifestarse en toda la superficie - El desarrollo de las plantas es lento y sufren retraso en la maduración.
Potasio	- Proporciona mayor vigor y resistencia a las enfermedades. - Promueve el incremento del tamaño de granos y semillas. - Es esencial en la formación y transferencia de almidón y azúcares, por esta razón, debe suministrarse en grandes cantidades en cultivos de papa, camote y nabo. - Regula las condiciones de agua dentro de las células de la planta y las pérdidas de agua por transpiración. - Actúa como acelerador de la acción de las enzimas.	- En las hojas de mayor edad, cerca de los márgenes, se desarrollan áreas grisáceas o café claro. - En ocasiones todo el borde puede dar apariencia de haber sufrido daños por fuego.
Calcio	- Es constituyente de la pared celular. - Promueve el desarrollo de las raíces.	Alargamiento del tallo hasta las zonas de crecimiento, las cuales mueren.

	• Importante en la neutralización de los ácidos orgánicos. • Esencial para activar las zonas de desarrollo, especialmente las puntas de las raíces. No se mueve libremente de las partes más viejas a las más jóvenes de la planta, razón por la cual, los síntomas de deficiencia aparecen primero en las áreas de crecimiento. • Afecta la absorción de otros nutrientes, especialmente el nitrógeno . • Fomenta la producción de semillas.	• Los ápices de las raíces mueren y restringen el desarrollo radical. • Deficiencias específicas: Tomate: pudriciones de las áreas terminales de las inflorescencias. Apio: “corazón negro”. Zanahoria: cavidades en la raíz.
Magnesio	• Constituyente de la clorofila, esencial para todas las plantas verdes. Mantiene el color verde oscuro en las hojas. • Ayuda al fósforo en la formación de semillas de alto contenido de aceite, promoviendo la formación de aceites y grasas. • Propicia la translocación de los almidones. • Regula la absorción de otros nutrimentos.	• Las primeras manifestaciones se presentan en las hojas más viejas, mediante amarillamiento entre las venas, a medida que avanza la anomalía, las hojas jóvenes también se ven afectadas. • En deficiencias fuertes, las hojas más viejas pueden desprenderse de las plantas.
Azufre	• Aunque el azufre no es un constituyente de la clorofila, ayuda en su formación y fomenta el desarrollo vegetativo de la planta. • Forma parte de muchas proteínas y de ciertos compuestos volátiles como el aceite de mostaza.	• Se manifiesta primero en la parte superior de la planta. • Las nervaduras de las hojas nuevas se tornan amarillas. • El sistema radical se ramifica profusamente.

	• Promueve un mayor desarrollo radicular. • Estimula la formación de semillas.	• Puede provocarse por exceso de cloruros.
Hierro	• Ayuda a la formación de la clorofila. • Promueve la absorción de otros nutrientes. • Ayuda en los sistemas enzimáticos que originan las reacciones de oxidación y reducción. • Esencial para la síntesis de proteínas contenidas en los cloroplastos. • Está implicado en el metabolismo del ácido nucleico.	• Áreas bien definidas de color amarillo aparecen entre las venas de las hojas más jóvenes.
Manganeso	• Este elemento está estrechamente ligado con el fierro. • Ayuda en la formación de la clorofila. • Es componente de varias enzimas.	• Áreas moteadas de color amarillo en las Hojas jóvenes, posteriormente todo el Follaje adquiere coloración verde muy pálido • Deficiencias específicas: Betabel: el follaje adquiere una coloración verde intensa. Cebolla: se observan líneas angostas de color amarillo.
Zinc	• Importante en los sistemas enzimáticos necesarios en el metabolismo de la planta. • Es útil en la formación de algunos reguladores de crecimiento. • Relacionado con el metabolismo de carbohidratos, proteínas y fosfatos	• Deficiencias específicas: Frijol: manchas pequeñas rojo-café en el cotiledón. Maíz: líneas anchas verdes y amarillas en la base de las hojas.

		Betabel: amarillamiento entre las venas, los márgenes “quemados”.
Cobre	•Actúa como portador de electrones, en enzimas que producen reacciones de óxido– reducción. • Regula la respiración. • Ayuda en la utilización del fierro. • Juega un papel importante en procesos fisiológicos, como fotosíntesis, distribución de carbohidratos, fijación y reducción de nitrógeno, metabolismo de proteínas, metabolismo de pared celular.	• Amarillamiento de las hojas. •Deficiencias específicas: Cebolla: los bulbos se ablandan y las escamas se adelgazan y toman coloraciones amarillo claro
Molibdeno	•Componente de enzimas que originan reacciones de óxido-reducción. • Reducción de nitratos.	•Las hojas más viejas se distorsionan, se adelgazan, toman coloraciones pálidas con amarillamientos entre las venas.
Boro	• El papel principal del boro está relacionado con la absorción del calcio por las raíces y, por lo tanto, con el uso eficiente de este elemento por las plantas. •Interviene en la translocación de azúcares. • Interviene en la síntesis de ácidos nucleicos y fitohormonas. •Tiende a conservar soluble al calcio. •Actúa como un regulador de la relación potasio/calcio. •Facilita la absorción del nitrógeno. • Ayuda al sistema vascular de la raíz, en la formación de más raicillas y tejidos	•Las zonas de crecimiento mueren. • Los tallos se acortan y endurecen. •Las hojas se distorsionan. •Deficiencias específicas: Coliflor: oscurecimiento del follaje. Apio: rajaduras en el tallo. Betabel: ennegrecimiento de los tejidos centrales o corazón. Nabo: tonalidades cafés en partes internas de la planta.

	en general.	
--	-------------	--

Tabla 6 Función y diferencia de los nutrientes esenciales para las plantas

Fuente: Zárate, 2014.

10.4 SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PLAGAS

Para evitar el uso de pesticidas químicos se pueden usar bioinsecticidas que actúan principalmente como repelentes, o bien, como productos orgánicos que son efectivos tanto para el control de enfermedades, como para el combate de plagas (Zárate, 2014).

Al momento de encontrar una plaga, es necesario realizar un análisis de la necesidad de aplicar algún pesticida para el control. En algunas ocasiones será suficiente un lavado de hojas, de esta manera se eliminará de forma manual, o bien cortar directamente las hojas dañadas (Zárate, 2014).

Una de las plagas más comunes en los cultivos es la araña roja, que son pequeñas de colores variados: rojizo, amarillo o verdoso (Figura 8) y se desarrollan en altas temperaturas y baja humedad del aire. La forma más económica de controlar la araña roja es modificar las condiciones ambientales, es decir, aumentar la humedad relativa del aire y bajar las temperaturas (Zárate, 2014).

Por otro lado, los pulgones (Figura 9) son insectos chupadores de diversos colores: amarillo claro, varias tonalidades de verde hasta el negro. Atacan principalmente las partes tiernas de las plantas (Zárate, 2014).

Las escamas algodonosas (Figura 10) tienen un aspecto polvoso de color blanco y generalmente se observan en los nuevos brotes de las plantas (Zárate, 2014).

Por último, la conchuela o cochinilla café (Figura 11) donde los que son adultos son sésiles, es decir que se adhieren principalmente al tallo, mientras que los que son jóvenes poseen patas y se pueden desplazar (Zárate, 2014).



Figura 8 Araña roja



Figura 9 Pulgones



Figura 11 Escamas Algodonosa



Figura 10 Cochinilla

Por otro lado, existen las enfermedades Damping-off, también llamadas de secadera o ahogamiento, las cuales provocan los hongos Phytium, Rhizoctonia, Phytophthora, Fusarium, Botrytis, Sclerotium. Esta enfermedad se presenta en plantas que se riegan en forma excesiva tanto en cantidad de agua o en frecuencia de riego y el síntoma característico es la pudrición de la base del tallo. Para poder evitar esta enfermedad es necesario controlar los riegos, especialmente en época de lluvias, o bien, podando el follaje cuando sea muy abundante, de tal forma que el aire circule entre las hojas (Zárate, 2014).



Figura 12 DAMPING-OFF

10.4.1 CONTROL DE PLAGAS EN LAS FASES DE CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS (PLÁNTULA, VEGETATIVO Y FLORACIÓN).

A continuación, se muestra una lista de las plagas que suelen afectar a los cultivos hidropónicos NFT, el ciclo de crecimiento en el que suelen aparecer y el pesticida orgánico que puedes usar para repelerlas:

Plaga	Ciclo de Crecimiento	Pesticida Orgánico
Pulgones ☐	Etapa de crecimiento y floración.	Jabón insecticida, aceite de neem.

Ácaros 	Todo el ciclo de crecimiento.	Aceite de neem, extracto de ajo.
Mosca Blanca 	Etapas de crecimiento y floración.	Jabón insecticida, aceite de neem.
Trips 	Todo el ciclo de crecimiento.	Extracto de ajo, jabón insecticida.
Minadores de Hojas 	Etapas de crecimiento.	Aceite de neem, extracto de ajo.
Orugas 	Etapas de crecimiento.	Bacillus thuringiensis (Bt), aceite de neem.
Cochinillas 	Todo el ciclo de crecimiento.	Aceite de neem, jabón insecticida.
Mosca del Fungus 	Etapas de plántula y crecimiento.	Tierra de diatomeas, aceite de neem.
Caracoles y Babosas 	Todo el ciclo de crecimiento.	Cáscaras de huevo trituradas, tierra de diatomeas.
Nematodos 	Todo el ciclo de crecimiento.	Extracto de neem, compost de calidad.

Tabla 7 Control de plagas.

10.4.2 PESTICIDAS ORGANICOS.

Pesticidas orgánicos	Plagas.	Función y Uso
Jabón insecticida.	Efectivo contra pulgones, mosca blanca y trips.	Se usa diluido en agua y rociando sobre las plantas afectadas.
Aceite de Neem	Versátil contra una variedad de plagas como ácaros, mosca blanca, minadores de hojas, cochinillas y orugas.	Funciona interfiriendo con el sistema hormonal de los insectos. Se diluye en agua y se aplica como spray.
Extracto de ajo	Efectivo contra ácaros y trips.	Se prepara macerando ajo en agua y aplicando el extracto. Actúa como repelente natural.
Bacillus thuringiensis (Bt):	Específico para orugas.	Se aplica como spray foliar. Bacteria natural que produce toxinas letales para las orugas.

Tierra de Diatomeas	Efectiva contra mosca del fungus, caracoles y babosas. Polvo natural que deshidrata a las plagas.	Se espolvorea alrededor de las plantas afectadas.
---------------------	--	---

Tabla 8 Pesticidas orgánicos

10.5 **BENEFICIOS AMBIENTALES DEL CULTIVO HIDROPONICO NFT**

En la siguiente tabla evaluamos los principales efectos ambientales de un sistema hidropónico NFT automatizado, considerando aspectos como el uso del agua, la energía, los insumos químicos y la biodiversidad.

	Impacto.	Datos.
Uso del agua	Esta recirculación constante permite una utilización mucho más eficiente del agua comparada con la agricultura tradicional, donde se puede perder una gran cantidad de agua por infiltración y evaporación.	Estudios han demostrado que los sistemas hidropónicos pueden usar hasta un 90% menos agua que los métodos de cultivo tradicionales.
Contaminación de aguas.	La reducción de la contaminación del agua protege los ecosistemas acuáticos y mejora la calidad del agua disponible para otros usos.	En estudios comparativos, la hidroponía ha mostrado tener una menor contribución a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas en comparación con la agricultura convencional.
Uso de energías.	Aunque el consumo de energía es mayor que en los cultivos al aire libre, la eficiencia de producción por unidad de área puede compensar este consumo adicional.	La energía utilizada en sistemas hidropónicos puede ser parcialmente compensada por la instalación de fuentes de energía renovable, como paneles solares, que pueden integrarse en los invernaderos.
Emisiones de gases de efecto invernadero.	El impacto en las emisiones de GEI puede ser menor en comparación con la agricultura	Las emisiones de GEI por unidad de producción pueden ser significativamente menores en

	tradicional si se utilizan prácticas sostenibles y fuentes de energía limpia.	sistemas hidropónicos bien gestionados.
Uso de insumos químicos.	La reducción en el uso de agroquímicos disminuye la contaminación del suelo y del agua y minimiza los riesgos para la salud humana y la biodiversidad.	Investigaciones han demostrado que los sistemas hidropónicos pueden reducir el uso de fertilizantes en hasta un 60% y casi eliminar la necesidad de pesticidas químicos.
Gestión de residuos	La gestión adecuada de residuos en la hidroponía reduce la huella ambiental y facilita la reutilización de nutrientes.	Estudios indican que los sistemas hidropónicos generan menos residuos sólidos y líquidos contaminantes que los sistemas agrícolas convencionales.
Impacto en la bio diversidad.	La menor necesidad de espacio permite la conservación de hábitats naturales y reduce la presión sobre los ecosistemas terrestres.	Comparaciones han mostrado que la producción por metro cuadrado en sistemas hidropónicos puede ser de 3 a 10 veces mayor que en la agricultura convencional.
Biodiversidad del suelo	La reducción de la alteración del suelo conserva la biodiversidad del ecosistema terrestre, beneficiando a los organismos que dependen del suelo.	Estudios en la región han observado que la transición a sistemas hidropónicos puede llevar a una recuperación de la biodiversidad en áreas previamente degradadas por la agricultura intensiva.

Tabla 9 Beneficios ambientales

10.6 CULTIVO AGRICOLA CONVENCIONAL (COMPARACIONES, DESVENTAJAS E IMPACTO AMBIENTAL)

El cultivo agrícola convencional se refiere a los métodos tradicionales de agricultura que se han desarrollado y practicado durante siglos. Este tipo de agricultura utiliza técnicas y herramientas establecidas para cultivar plantas y criar animales para la alimentación, fibras y otros productos. A continuación, se describen algunos aspectos clave del cultivo agrícola convencional:

- **Uso de Tierra y Suelo:** La agricultura convencional se basa en el uso de tierra y suelo natural para el crecimiento de los cultivos. Los agricultores preparan el suelo mediante arado, labranza y la aplicación de fertilizantes para mejorar la fertilidad del suelo.
- **Fertilizantes Químicos:** Se utilizan fertilizantes químicos para proporcionar nutrientes esenciales a las plantas, como nitrógeno, fósforo y potasio. Estos fertilizantes ayudan a aumentar los rendimientos de los cultivos.
- **Control de Plagas y Enfermedades:** Para proteger los cultivos de plagas y enfermedades, la agricultura convencional emplea pesticidas químicos. Estos productos ayudan a minimizar las pérdidas causadas por insectos, malezas y patógenos.
- **Riego:** El riego es una práctica común en la agricultura convencional para asegurar que las plantas reciban suficiente agua para su crecimiento. Esto puede incluir sistemas de riego por aspersión, riego por goteo y riego por inundación.
- **Mecanización:** La mecanización es una característica importante de la agricultura convencional. Se utilizan tractores, cosechadoras y otras máquinas agrícolas para facilitar la siembra, el cultivo y la cosecha de los cultivos.
- **Monocultivo:** En muchas prácticas de agricultura convencional, se cultiva un solo tipo de cultivo en grandes extensiones de tierra (monocultivo). Esto puede aumentar la eficiencia de la producción, pero también puede llevar a una mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades específicas del cultivo.
- **Rotación de Cultivos:** Para mantener la fertilidad del suelo y reducir la acumulación de plagas y enfermedades, los agricultores practican la rotación de cultivos, alternando diferentes tipos de cultivos en la misma área, pero en diferentes temporadas.
- **Mejoramiento Genético:** La agricultura convencional también incluye el uso de variedades de plantas mejoradas genéticamente para aumentar los rendimientos, la resistencia a enfermedades y la tolerancia a condiciones adversas.

10.6.1 ANTECEDENTES EN CHILE.

El cultivo tradicional en Chile está profundamente arraigado en las prácticas agrícolas de los pueblos indígenas, quienes desarrollaron técnicas avanzadas para el manejo de cultivos en diversas regiones. Con la llegada de los colonizadores españoles en el siglo XVI, se introdujeron nuevos cultivos y tecnologías agrícolas, lo que marcó el inicio de una transformación en los métodos de producción. La mezcla de prácticas indígenas y europeas sentó las bases de la agricultura chilena moderna.

En el siglo XIX, la expansión del ferrocarril y la modernización de las técnicas agrícolas, junto con la inmigración europea, impulsaron una mayor diversificación y producción en el sector agrícola.

El siglo XX trajo consigo avances tecnológicos y científicos que transformaron la agricultura tradicional chilena. La Revolución Verde de las décadas de 1960 y 1970 introdujo el uso masivo de fertilizantes químicos, pesticidas y variedades mejoradas de semillas, lo que aumentó significativamente los rendimientos. Sin embargo, estos avances también presentaron desafíos ambientales y sociales que se han abordado con políticas y prácticas más sostenibles en las últimas décadas.

En la actualidad, el cultivo tradicional en Chile sigue siendo una actividad vital, adaptándose continuamente a los cambios tecnológicos y a las demandas del mercado global. La producción de frutas, vegetales, cereales y vitivinícola destaca por su calidad y volumen, posicionando a Chile como un importante actor en el comercio internacional de productos agrícolas.

10.6.2 COSTOS Y VALORES ASOCIADOS AL CULTIVO AGRICOLA CONVENCIONAL.

La agricultura tradicional en Chile enfrenta diversos desafíos relacionados con la sostenibilidad y la eficiencia económica. Para comprender mejor las implicaciones financieras, en las siguientes tablas detallan los costos generales asociados con mantener un cultivo tradicional en Chile, considerando insumos, mano de obra, mantenimiento, y otros gastos operativos.

<i>Insumos:</i>	Valores estimados por hectárea.
<i>Semillas y plantas.</i>	El costo de las semillas varía según el tipo de cultivo. Por ejemplo, las semillas de hortalizas pueden costar entre CLP 500 y CLP 1,500 por paquete, mientras que las semillas de cereales pueden costar alrededor de CLP 100,000 por hectárea.
<i>Fertilizantes.</i>	El costo de los fertilizantes depende de los tipos y cantidades necesarios. Los fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos pueden costar entre CLP 200,000 y CLP 500,000 por hectárea anualmente.
<i>Pesticidas y herbicidas.</i>	Dependiendo del cultivo y la incidencia de plagas, los pesticidas y herbicidas pueden costar entre CLP 100,000 y CLP 300,000 por hectárea.

Agua de riego.	Los costos de riego varían según la fuente de agua y el sistema de riego utilizado. El riego por goteo, más eficiente, puede costar entre CLP 200,000 y CLP 400,000 por hectárea, mientras que el riego por aspersión puede ser más caro.
-----------------------	---

Tabla 10 Insumos/Valores estimados

Mano de obra.	Valores estimados por hectáreas.
Preparación del suelo.	El arado, la nivelación y la preparación del suelo pueden costar entre CLP 100,000 y CLP 200,000 por hectárea.
Siembra y plantación.	La mano de obra para la siembra puede costar entre CLP 50,000 y CLP 150,000 por hectárea, dependiendo de si se realiza manualmente o con maquinaria.
Mantenimiento y cuidado de cultivos.	Las actividades como el deshierbe, la poda y la aplicación de fertilizantes y pesticidas pueden costar entre CLP 100,000 y CLP 300,000 por hectárea anualmente.
Cosecha.	La cosecha manual puede costar entre CLP 150,000 y CLP 400,000 por hectárea, dependiendo del cultivo y el rendimiento.

Tabla 11 Mano de obra/ Valores estimados

Mantenimiento de infraestructura.	Valores estimados por hectáreas.
Sistemas de riego	El mantenimiento y reparación de sistemas de riego pueden costar entre CLP 50,000 y CLP 150,000 por hectárea anualmente.
Equipos y maquinaria	El mantenimiento de maquinaria agrícola (tractores, sembradoras, cosechadoras) puede costar entre CLP 200,000 y CLP 500,000 anualmente.

Tabla 12 Mantenimiento de infraestructura/ Valores estimados

Otros gastos operativos	Valores estimados por hectáreas.
Transporte	El transporte de insumos y productos puede costar entre CLP 50,000 y CLP 200,000 por hectárea, dependiendo de la

	distancia a mercados y centros de distribución.
Administración y gestión	Los costos administrativos, incluyendo salarios de personal de gestión, pueden variar ampliamente, pero típicamente representan entre el 5% y el 10% de los costos totales de producción.
Seguros	Los seguros para cultivos y maquinaria pueden costar entre CLP 50,000 y CLP 100,000 por hectárea.

Tabla 13 Gastos operativos/ Valores estimados

El mantenimiento de un cultivo tradicional en Chile implica una variedad de costos que pueden variar según el tipo de cultivo, la región y las prácticas de manejo implementadas. En general, los costos pueden oscilar entre CLP 1,000,000 y CLP 2,500,000 por hectárea anualmente. Estos costos incluyen insumos, mano de obra, mantenimiento de infraestructura y otros gastos operativos.

10.6.3 **ANALISIS COMPARATIVO ENTRE EL CULTIVO**

HIDROPONICO NFT Y CULTIVO AGRICOLA CONVECCIONAL

Chile barca una variedad de prácticas que utilizan el suelo como medio de cultivo, incluyendo la producción de frutas, verduras, y cereales. Aunque esta metodología es ampliamente adoptada, presenta varios problemas ambientales, como lo resume la siguiente tabla (Tabla 14).

	Agricultura tradicional
Uso del suelo y erosión.	• Contribuye a la degradación del suelo y a la erosión. En regiones como la zona central, donde la agricultura es más intensiva, la pérdida de suelo fértil es un problema crítico. • La sobreexplotación del suelo conduce a la disminución de la productividad agrícola a largo plazo y a la desertificación en algunas áreas.
Consumo de agua.	• Chile enfrenta problemas de escasez de agua, especialmente en el norte y la zona central. La agricultura tradicional utiliza grandes volúmenes de agua para el riego, exacerbando la escasez hídrica. • Métodos de riego como la inundación y la aspersión son comunes y resultan en altas tasas de evaporación y percolación.

Uso de fertilizantes y pesticidas.	• El uso intensivo de fertilizantes y pesticidas químicos es común para aumentar los rendimientos. Esto provoca la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos por escorrentía y lixiviación. • La contaminación del agua afecta la biodiversidad acuática y la calidad del agua potable.
Emisiones de gases efecto invernadero.	• Las prácticas agrícolas convencionales contribuyen significativamente a las emisiones de CO₂ y metano. La maquinaria agrícola, la producción de fertilizantes y la gestión de residuos orgánicos son las principales fuentes de emisiones.

Tabla 14 Agricultura Tradicional

10.6.3.1 Cultivo hidropónico NFT:

Por el contrario, el cultivo hidropónico contrarresta varias problemáticas que se generan en el cultivo tradicional, que se muestran en la siguiente tabla.

	Cultivo hidropónico NFT
Uso eficiente del agua.	• Los sistemas hidropónicos NFT utilizan hasta un 90% menos agua que la agricultura tradicional. La recirculación de la solución nutritiva minimiza las pérdidas por evaporación y percolación.
Eliminación del suelo y erosión.	• Al no utilizar suelo, los sistemas NFT eliminan problemas relacionados con la erosión y la degradación del suelo.
Reducción del uso de fertilizantes y pesticidas.	• La hidroponía NFT permite un control preciso de los nutrientes suministrados a las plantas, reduciendo la necesidad de fertilizantes. • La ausencia de suelo reduce la incidencia de plagas y enfermedades del suelo, disminuyendo el uso de pesticidas.
Menor emisión de gases de efecto invernadero.	• Los sistemas hidropónicos pueden ser más eficientes energéticamente y emitir menos gases de efecto invernadero debido a la reducción en el uso de maquinaria agrícola y a la optimización del uso de insumos. • La posibilidad de producción local en entornos controlados puede reducir las necesidades de transporte, disminuyendo aún más las emisiones de estos gases.

Tabla 15 Cultivo hidropónico NFT

10.6.4

VENTAJAS DEL CULTIVO HIDROPONICO V/S CULTIVO TRADICIONAL

- Comparativa de ambos métodos de cultivo.

Cultivo Tradicional (Desventajas)	Cultivo Hidropónico NFT (Ventajas)
En el cultivo tradicional es más lento el proceso de crecimiento, debido a que los nutrientes no son absorbidos de manera eficaz en comparación al cultivo hidropónico	Los cultivos hidropónicos a menudo pueden crecer más rápido y producir plantas de tamaño similar o más grande en comparación con los cultivos tradicionales.
El valor nutricional de los alimentos en cultivos tradicional es mucho menor en comparación del hidropónico, ya que no se controlan parámetros como la temperatura, solución de nutrientes, PH, entre otros.	Los cultivos hidropónicos suelen tener un sabor intenso y fresco, ya que se cultivan en condiciones controladas y se cosechan en su punto máximo de madurez.
Los cultivos tradicionales, tienden a ser más afectados por plagas y por las condiciones climáticas, por lo que se acude a pesticidas para que contrarresten la pérdida total del cultivo, de esta manera el gasto en mano de obra es mayor.	Los cultivos hidropónicos generalmente requieren menos o ningún uso de pesticidas en comparación con los cultivos tradicionales. Al cultivarse en un entorno protegido, es posible controlar mejor las plagas y enfermedades, lo que reduce la necesidad de productos químicos para combatirlas.
En Chile el mayor consumidor de agua es el sector agrícola, utilizando alrededor de un 73% del recurso, lo que permite regar 902.158 hectáreas. (VIII Censo Nacional Agropecuario y Forestal, año agrícola 2020 – 2021).	El cultivo hidropónico en solución nutritiva NFT utiliza significativamente menos agua en comparación con los cultivos tradicionales en suelo. En este sistema, una delgada película de solución nutritiva fluye continuamente a lo largo de las raíces de las plantas, proporcionando los nutrientes necesarios. Esta circulación continua permite que las plantas absorban solo la cantidad necesaria de agua, minimizando el desperdicio y el consumo excesivo de agua.
En el cultivo tradicional no todas las semillas son germinadas al 100%, por lo que una parte del	Las raíces de las plantas están expuestas al aire, lo que permite una excelente aireación y oxigenación de estas. Esto es esencial para el

<i>cultivo se pudre ya que no logra adaptarse al entorno en el cual fue plantado.</i>	desarrollo saludable de las raíces y la absorción eficiente de los nutrientes. Al tener un flujo constante de solución nutritiva, las raíces están en contacto directo con el aire, lo que promueve un crecimiento más rápido y vigoroso de las plantas.
<i>El cultivo tradicional necesita personas o maquinarias para el arado de la tierra, aparte de necesitar mayor espacio para lograr la producción establecida.</i>	Las plantas se colocan en canales o tubos inclinados, lo que permite aprovechar el espacio vertical. Esto es especialmente valioso en áreas urbanas o en espacios limitados, donde el terreno disponible es escaso. El sistema NFT permite cultivar un mayor número de plantas en una superficie dada, lo que aumenta la producción y la eficiencia del espacio.
<i>En este tipo de cultivo todos los años se enfrentan a problemas como los cambios climáticos y ataques de plagas, creando la necesidad de recurrir a pesticidas lo que disminuye el valor nutricional de los alimentos y genera pérdidas de dinero.</i>	En este tipo de cultivos se pueden controlar parámetros tales como la temperatura, humedad, solución de nutrientes y la iluminación, lo que permite adaptar el entorno a las necesidades específicas de cada cultivo.

Tabla 16 Ventajas del cultivo NFT V/S Cultivo tradicional

El análisis muestra que la hidroponía NFT presenta numerosas ventajas ambientales sobre la agricultura tradicional en Chile. La eficiencia en el uso del agua, la eliminación de problemas relacionados con el suelo, la reducción en el uso de fertilizantes y pesticidas, y las menores emisiones de gases de efecto invernadero hacen de la hidroponía NFT una opción más sostenible para la producción agrícola.

10.6.5 IMPACTO AMBIENTAL DEL CULTIVO TRADICIONAL

La agricultura tradicional en Chile es un pilar fundamental de la economía y la seguridad alimentaria del país. Sin embargo, esta práctica también tiene impactos significativos en el medio ambiente. En la siguiente tabla se muestran los principales efectos ambientales asociados con los cultivos agrícolas tradicionales en Chile, abarcando el uso del suelo, el agua, la biodiversidad y las emisiones de gases de efecto invernadero.

En la siguiente tabla se muestran los estudios de diversas entidades en relación con el impacto ambiental que genera el cultivo agrícola tradicional.

<i>Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)</i>	Según el INIA, alrededor del 50% del suelo agrícola en Chile muestra signos de erosión, con tasas especialmente altas en la zona central.
<i>Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA)</i>	Estudios del ODEPA indican que la degradación del suelo afecta aproximadamente al 40% de las tierras agrícolas en Chile.
<i>Dirección General de Aguas (DGA)</i>	Según la Dirección General de Aguas (DGA), en algunas regiones del norte de Chile, el uso agrícola representa más del 70% del consumo total de agua.
<i>FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)</i>	La FAO estima que la eficiencia del riego en la agricultura chilena es inferior al 50%, muy por debajo de las mejores prácticas internacionales.
<i>Ministerio del Medio Ambiente</i>	Investigaciones realizadas por el Ministerio del Medio Ambiente indican que, en varias regiones agrícolas, los niveles de nitratos en el agua subterránea superan los límites recomendados.
<i>Universidad de Chile</i>	Según estudios de la Universidad de Chile, la biodiversidad en suelos agrícolas ha disminuido en un 30% en las últimas dos décadas.
<i>Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)</i>	Según la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la agricultura es responsable del 15% de las emisiones totales de GEI (Gases de efecto invernadero) en Chile.
<i>FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)</i>	Estimaciones de la FAO sugieren que la mecanización agrícola en Chile contribuye con aproximadamente el 5% de las emisiones de CO ₂ del sector agrícola.
<i>Universidad Católica de Chile</i>	Estudios de la Universidad Católica de Chile indican que los monocultivos han reducido la diversidad genética de varios cultivos importantes en un 40% en las últimas tres décadas.
<i>CONAF (Corporación Nacional Forestal de Chile)</i>	Según CONAF, la conversión de tierras forestales a uso agrícola ha reducido las áreas boscosas en un 20% en las últimas décadas.

Tabla 17 Impacto ambiental del cultivo tradicional

La agricultura tradicional en Chile, aunque sea vital para la economía y la seguridad alimentaria, tiene un impacto ambiental significativo, siendo los principales problemas

incluyen la erosión y degradación del suelo, la sobreexplotación y contaminación del agua, el uso intensivo de agroquímicos, las emisiones de gases de efecto invernadero y la pérdida de biodiversidad.

10.7 USO DE AGUA EN UN CULTIVO HIDROPONICO NFT V/S CULTIVO TRADICIONAL.

10.7.1 CULTIVO HIDROPONICO NFT.

Recirculación de Agua: En un sistema hidropónico NFT, la solución nutritiva se recircula continuamente, lo que permite un uso muy eficiente del agua, ya que el agua que no es absorbida por las plantas es recogida y reutilizada.

Reducción de Pérdidas: Las pérdidas de agua por evaporación y drenaje son mínimas debido a la recirculación y al ambiente controlado.

Consumo: Los sistemas NFT pueden usar hasta un 90% menos de agua en comparación con la agricultura tradicional. En condiciones óptimas, un sistema hidropónico puede requerir aproximadamente 70-100 litros de agua por metro cuadrado por ciclo de cultivo.

10.7.2 CULTIVO TRADICIONAL AGRICOLA.

Riego Convencional: En la agricultura tradicional, el riego se realiza mediante métodos como aspersión, goteo o inundación, que son menos eficientes que la recirculación hidropónica.

Pérdidas por Evaporación y Escorrentía: La evaporación, infiltración profunda y escorrentía superficial contribuyen a una significativa pérdida de agua. Se estima que solo el 30-50% del agua aplicada llega a ser utilizada por las plantas.

Consumo: En Chile, los cultivos tradicionales pueden consumir entre 600 y 1000 litros de agua por metro cuadrado por ciclo de cultivo, dependiendo del tipo de cultivo y las prácticas de riego utilizadas.

10.8 PERSPECTIVAS FUTURAS DEL CULTIVO HIDROPONICO NFT EN LA AGRICULTURA GLOBAL

La automatización y el uso de sensores avanzados permiten monitorear y ajustar en tiempo real los niveles de nutrientes, pH y temperatura, optimizando así las condiciones de crecimiento de las plantas. Además, los sistemas de iluminación LED de espectro ajustable están mejorando la eficiencia energética y proporcionando la luz necesaria para la fotosíntesis en ambientes controlados.

1. Tendencias clave:

- **Internet de las Cosas:** Integración de dispositivos conectados para el monitoreo y control remoto.

- **Inteligencia Artificial (IA):** Uso de algoritmos de aprendizaje automático para predecir necesidades de nutrientes y condiciones óptimas de crecimiento.
- **Impresión 3D:** Desarrollo de componentes personalizables para sistemas hidropónicos.

2. Sostenibilidad y Conservación de Recursos:

El sistema NFT es altamente eficiente en el uso del agua, lo cual es crucial en regiones con escasez de agua. La posibilidad de reciclar y reutilizar la solución nutritiva reduce significativamente el consumo de agua comparado con la agricultura tradicional. Además, el control preciso de nutrientes minimiza la contaminación del suelo y del agua, contribuyendo a una agricultura más sostenible.

3. Aspectos sostenibles:

- **Reducción del consumo de agua:** Uso de hasta un 90% menos de agua en comparación con la agricultura convencional.
- **Mínima huella ecológica:** Producción sin necesidad de suelo y con menor uso de pesticidas.
- **Producción local:** Permite el cultivo urbano y periurbano, reduciendo la necesidad de transporte y las emisiones asociadas.

4. Adaptación al Cambio Climático:

La agricultura hidropónica NFT puede adaptarse fácilmente a entornos controlados, lo que la hace menos vulnerable a las condiciones climáticas adversas. Esto es especialmente relevante frente al cambio climático, donde las variaciones extremas en el clima pueden afectar gravemente la producción agrícola tradicional.

5. Beneficios frente al cambio climático:

- **Entornos controlados:** Invernaderos y contenedores que protegen las plantas de condiciones climáticas adversas.
- **Resiliencia:** Menor dependencia de las estaciones y el clima, permitiendo cultivos durante todo el año.

6. Expansión en Mercados Emergentes:

El crecimiento demográfico y la urbanización están impulsando la demanda de métodos agrícolas innovadores en mercados emergentes. Los sistemas NFT pueden ser implementados en áreas urbanas, aprovechando espacios limitados como techos y paredes.

7. Oportunidades en mercados emergentes:

- **Urbanización:** Soluciones para la agricultura urbana y periurbana.
- **Seguridad alimentaria:** Mejora en la disponibilidad de alimentos frescos y nutritivos.
- **Educación y empleo:** Fomento de nuevas habilidades y creación de empleos en tecnologías agrícolas avanzadas.

8. Desafíos y Consideraciones:

A pesar de sus numerosas ventajas, el cultivo hidropónico NFT enfrenta ciertos desafíos. Los costos iniciales de instalación y mantenimiento pueden ser elevados, y se requiere un conocimiento técnico específico para gestionar adecuadamente el sistema. Además, la dependencia de la energía eléctrica para mantener las condiciones controladas puede ser una limitación en áreas con infraestructura energética deficiente.

9. Desafíos identificados:

- **Costos iniciales:** Inversión significativa en infraestructura y tecnología.
- **Dependencia energética:** Necesidad de una fuente de energía confiable y sostenible.
- **Conocimiento técnico:** Capacitación y educación necesarias para operar y mantener los sistemas.

CAPITULO 3:

DISEÑO SOLUCION

11. ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO.

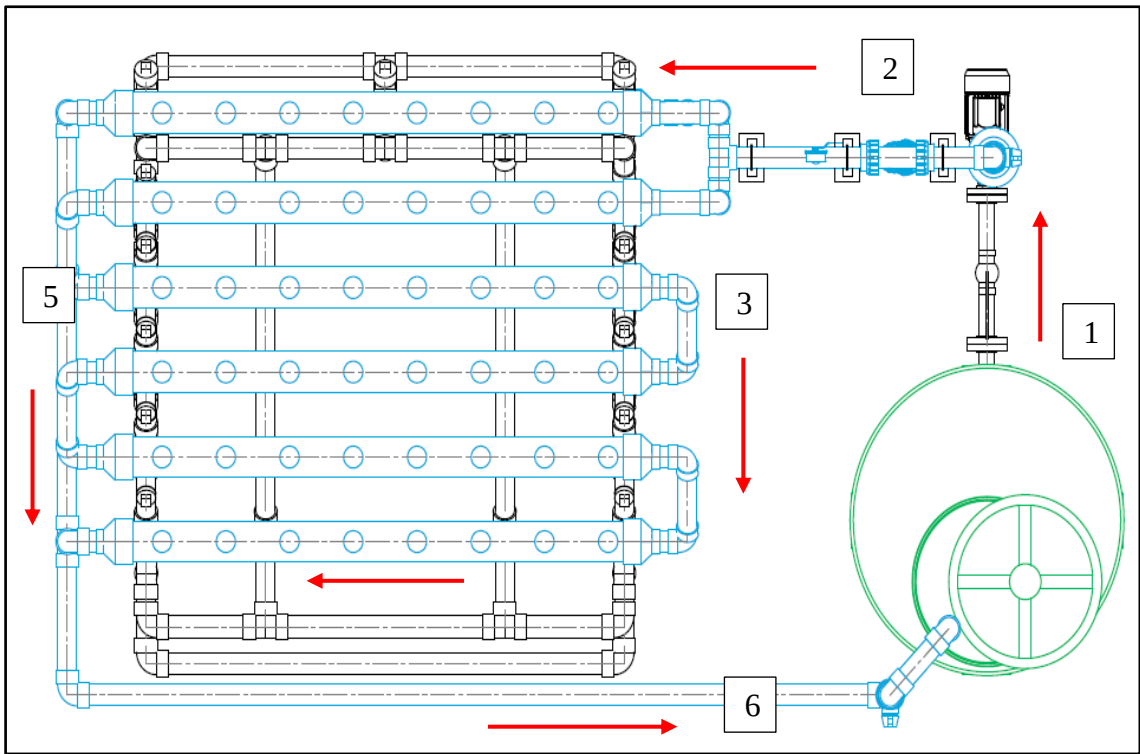


Figura 13 Funcionamiento Fase 1

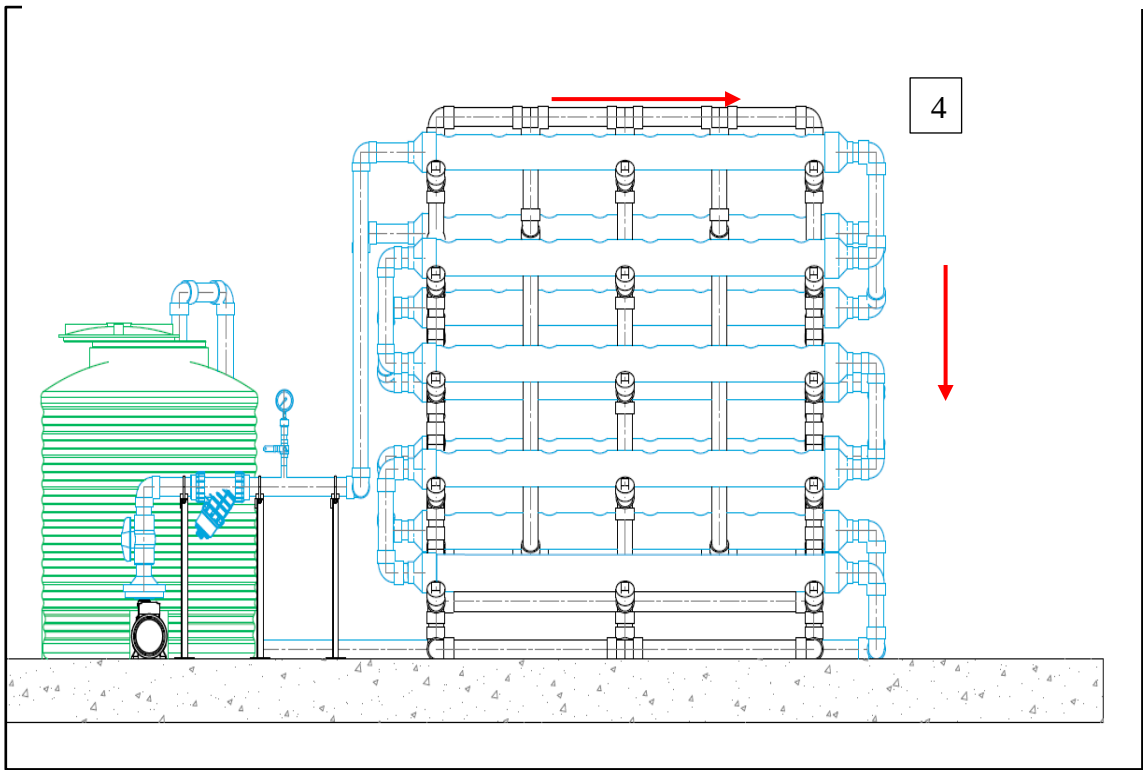


Figura 14 Funcionamiento Fase 1.2

Fuente: Elaboración propia.

11.1 ETAPAS DEL CULTIVO HIDROPONICO NFT

- **ETAPA 1 INICIO DE CIRCUITO DESDE ESTANQUE ACUMULACIÓN.**
 - Se prepara la solución nutritiva para el llenado del estanque de 1000 litros, que se encargará de alimentar el circuito.
 - Medir el pH. Si el pH es mayor a 6,5, corregir agregando solución ácida hasta alcanzar un pH entre 5,5 y -6,0.
 - Medir la conductividad eléctrica.
 - Agregar volúmenes iguales de soluciones concentradas A y B por separado agitando constantemente hasta alcanzar el rango de conductividad eléctrica deseado.
- **ETAPA 2 ACCIONAMIENTO DE BOMBA PERIFÉRICA.**
 - Configuración de bomba periférica con TIMER analógico.
 - Inicio de bombeo.
 - Manómetro del sistema se encargará de evaluar la presión óptima para el circuito.
- **ETAPA 3 RECIRCULACIÓN DE SOLUCIÓN POR ESTRUCTURA PIRAMIDAL.**
 - Solución nutritiva se desplazará hacia los más alto del cultivo para comenzar a distribuir los nutrientes por todos los cultivos de acuerdo con el grado de inclinación.
 - Se sugiere un monitoreo inicial para confirmar que los cultivos estén en contacto con la solución.
- **ETAPA 4 RECIRCULACIÓN DE SOLUCIÓN POR ESTRUCTURA PIRAMIDAL-VERTICAL.**
 - Caída de solución nutritiva en caída libre por estructura vertical.
 - Se sugiere un monitoreo inicial para confirmar que los cultivos estén en contacto con la solución.
- **ETAPA 5-6 SALIDA DE CANALES, RETORNO HACIA ESTANQUE ACUMULACIÓN.**
 - Salida de solución nutritiva por todos las canales para retornar al estanque de acumulación.
 - Se plantea obtener un período de cultivo promedio desde trasplante a cosecha de 40 a 50 días a lo largo del año, por lo que se espera obtener aproximadamente de 8 a 9 cosechas de manera anual.

11.1.1 CICLOS DE RIEGO

La propuesta es la de un ciclo de riego estandarizado diseñado para maximizar el crecimiento y desarrollo de las plantas. Este ciclo de riego puede adaptarse según las necesidades específicas de cada cultivo, considerando factores como la zona climática, el tipo de cultivo y los recursos disponibles.



Figura 15 TIMER analógico

Fuente (wikiHow, s.f)

El accionamiento del ciclo de riego se llevará a cabo mediante un TIMER Analógico conectado a la bomba periférica del sistema hidropónico. El uso de un TIMER permite automatizar el proceso de riego, garantizando un tiempo de accionamiento controlado como también una distribución uniforme del agua y los nutrientes a lo largo del día, sin requerir una supervisión constante.

El ciclo de riego propuesto inicia a las 6:00 AM, con una duración de 10 a 15 minutos por cada ciclo de riego. Esta frecuencia permite que las plantas reciban una cantidad adecuada de agua y nutrientes durante las primeras horas del día, preparándolas para el período de mayor actividad fotosintética.

Características:

Potencia	50 W
Voltaje de entrada	220V
Vida útil	25.000 horas
Angulo de iluminación	120°

Tabla 18 Características TIMER

Entre las 2:00 PM y las 4:30 PM, se realiza un reajuste en la duración del riego, reduciendo el tiempo a 6 a 8 minutos por ciclo. Este ajuste se realiza en función de una estimación de la temperatura máxima del día, permitiendo una mayor eficiencia en la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas durante las horas más calurosas.

Finalmente, el ciclo de riego concluye a las 18:00 PM, con una duración de 10 a 15 minutos. Este último ciclo proporciona a las plantas el agua necesaria para prepararse para el período de descanso nocturno, asegurando un crecimiento saludable y continuo. El ciclo de riego propuesto forma parte de una estrategia integral para el cultivo hidropónico NFT, el cual busca optimizar el uso de recursos y maximizar la producción de alimentos de alta calidad. Su implementación puede adaptarse según las condiciones específicas de cada proyecto, garantizando resultados óptimos y sostenibles a largo plazo.

11.1.2 HORARIOS DE ACCIONAMIENTO BOMBA PERIFÉRICA.

La siguiente tabla corresponde a los horarios y duración correspondiente a cada ciclo entregado.

HORA	DURACIÓN DE RIEGO	RAZÓN
6:00 AM	10 a 15 MINUTOS	INICIO DEL CICLO DE RIEGO.
7:00 AM	10 a 15 MINUTOS	
8:00 AM	10 a 15 MINUTOS	
9:00 AM	10 a 15 MINUTOS	
10:00 AM	10 a 15 MINUTOS	
11:00 AM	10 a 15 MINUTOS	
12:00 PM	10 a 15 MINUTOS	
13:00 PM	10 a 15 MINUTOS	
14:00 PM	6 a 8 MINUTOS	REAJUSTE DE LA DURACIÓN DEBIDO A ESTIMACION DE TEMPERATURA MÁXIMA DEL DÍA.
14:30 PM	6 a 8 MINUTOS	
15:00 PM	6 a 8 MINUTOS	
15:30 PM	6 a 8 MINUTOS	
16:00 PM	6 a 8 MINUTOS	
16:30 PM	6 a 8 MINUTOS	
17:00 PM	6 a 8 MINUTOS	
17:30 PM	6 a 8 MINUTOS	
18:00 PM	10 a 15 MINUTOS	FIN DEL CICLO DE RIEGO.

Tabla 19 Horarios de accionamiento

Fuente Elaboración propia

11.1.3 CONTROL DE TEMPERATURA

Para el control de temperatura usaremos ARDUINO UNO.

Arduino Uno es una plataforma de desarrollo de hardware de código abierto que se utiliza comúnmente en proyectos de automatización, incluyendo aplicaciones agrícolas como cultivos hidropónicos automatizados. Arduino Uno utiliza un software llamado Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), que es una herramienta de programación utilizada para escribir y cargar el código en la placa Arduino.



Figura 16 Logo Arduino

Algunas de las principales características y componentes de los microcontroladores de ARDUINO UNO:

- **Microcontroladores AVR:** La mayoría de las placas Arduino están basadas en microcontroladores de la familia AVR de Atmel (ahora adquirida por Microchip). Estos microcontroladores ofrecen un buen equilibrio entre capacidad de procesamiento, memoria y bajo consumo de energía.
 - Fácil programación: Arduino utiliza un entorno de desarrollo integrado (IDE) que es amigable para principiantes. La programación se realiza en lenguaje C/C++, pero el IDE proporciona bibliotecas y funciones predefinidas que facilitan la creación de proyectos sin la necesidad de comprender detalles complejos.
 - Gran comunidad y documentación: Arduino cuenta con una amplia comunidad de entusiastas y desarrolladores, lo que significa que encontrarás una gran cantidad de tutoriales, proyectos y soluciones a problemas comunes en línea.
 - Entradas y salidas (E/S): Las placas Arduino tienen pines de entrada y salida digital y analógica que permiten interactuar con diversos sensores, actuadores y otros componentes electrónicos. Algunas placas también tienen comunicación serie, I2C y puertos de comunicación inalámbrica.

- Alimentación: La mayoría de los microcontroladores Arduino pueden ser alimentados mediante un cable USB o una fuente de alimentación externa, lo que los hace convenientes para proyectos portátiles.
- Diversidad de placas: Existen diferentes tipos de placas Arduino, desde las más básicas como Arduino Uno hasta las más avanzadas como Arduino Mega, Arduino Due, Arduino Nano, entre otras. Cada una de ellas tiene características específicas, lo que permite elegir la más adecuada según las necesidades del proyecto.
- **Componentes:**
 - Procesador o CPU (UCP, Unidad central de procesos).
 - Memoria Ram para contener los datos.
 - Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM.
 - Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.
 - Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, puertas serie y paralelo, CAD: Conversores Analógico/ Digital, CDA: Conversores Digital/ Analógico, etc).
 - Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.
- **Funciones de los microcontroladores de ARDUINO UNO:**
 - Control y automatización: Arduino se utiliza comúnmente para controlar luces, motores, electrodomésticos y otros dispositivos, permitiendo la automatización de tareas.
 - Sistemas de seguridad: Puede emplearse en sistemas de seguridad y monitoreo, como alarmas, control de acceso y detección de movimiento.
 - Internet de las cosas (IoT): Gracias a sus capacidades de comunicación, Arduino se utiliza en proyectos IoT para enviar y recibir datos a través de Internet.
 - Robótica: Es ampliamente utilizado en proyectos robóticos para controlar los movimientos y comportamientos de robots.
 - Medición y monitoreo: Arduino se usa para medir y monitorear variables como temperatura, humedad, presión, entre otras, utilizando sensores adecuados.
 - Arte interactivo: Muchos artistas utilizan Arduino para crear obras de arte interactivas que responden a la luz, el sonido o el movimiento.

11.1.4 COMPONENTES DE PLACA “ARDUINO UNO”:

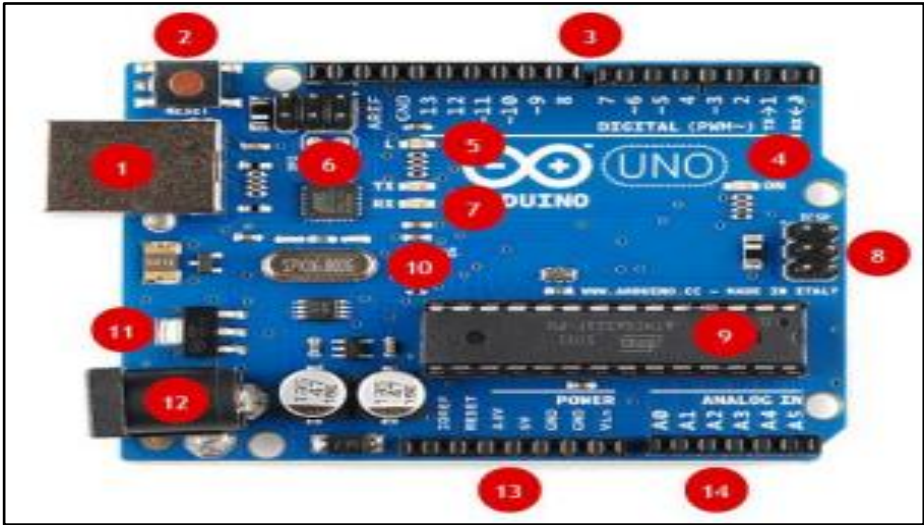


Figura 17 Placa Arduino

(1)	Conector USB para el cable tipo AB.
(2)	Pulsador de reset.
(3)	Pines de E/S digitales y PWM.
(4)	Led verde de la placa encendida.
(5)	Les naranja conectado al Pin 13.
(6)	ATmega 12U2 comunicador del PC.
(7)	Led TX (Transmisor) y RX (Reseptor) de la comunicación serial.
(8)	Puerto ICSP para programación serial.
(9)	Microcontrolador ATmega 328, cerebro del Arduino.
(10)	Cristal de cuarzo de 16 Mhz.
(11)	Regulador de voltaje.
(12)	Conector hembra 2,1 mm con centro positivo.
(13)	Pines de voltaje y tierra.
(14)	Entradas análogas.

Tabla 20 Partes de placa Arduino

Principales programaciones de ARDUINO UNO:

Función Void setup: Esta función es la que define las entradas y salidas de la placa Arduino.

```
1) setup(){  
  }  
}
```

(Código de configuración inicial, solo se ejecuta una vez)

Función Void loop: La función “Loop” incluye el código al ser ejecutado continuamente (Leyendo las entradas de la placa, salidas, etc.)

```
2) loop(){
    }
```

(Esta función se ejecuta luego del setup(), se mantiene ejecutándose hasta que se des-energice o desconecte el Arduino). Funciona periódicamente.

Operadores booleanos: Usados generalmente dentro del condicional “If”

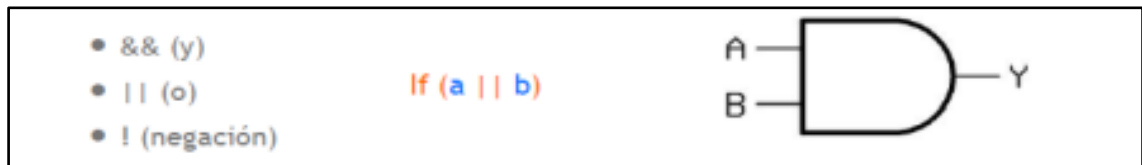


Figura 18 Operadores

Operadores de comparación: Usados generalmente dentro del condicional “If y sobre el For y While”

- == (Igual a)
- != (Diferente de)
- < (Menor que)
- > (Mayor que)
- <= (Menor o igual)
- >= (Mayor o igual)

Operadores matemáticos: Se aplican al manejo de variables, condicionales y ciclos.

- = (Asignar)
- % (Modulo)
- + (Suma)
- - (Resta)
- * (Multiplicación)
- / (División)

Estructuras de control: Son instrucciones que nos permiten tomar decisiones y hacer diversas repeticiones de acuerdo con unos parámetros, dentro de las más importantes podemos destacar las siguientes en la imagen extraído de la página oficial de Arduino.

- If
- Switch/case
- For
- While

ARDUINO IDE. Es donde haremos la simulación una vez que las conexiones y componentes ya estén presentes físicamente en el microcontrolador Arduino Uno.

En el contexto de un cultivo hidropónico automatizado, el Arduino Uno actúa como el cerebro del sistema. Su objetivo principal es controlar y monitorear los diversos componentes del sistema, como bombas de agua, luces, sensores de humedad, pH y temperatura, entre otros.

Interfaz del software “ARDUINO IDE”

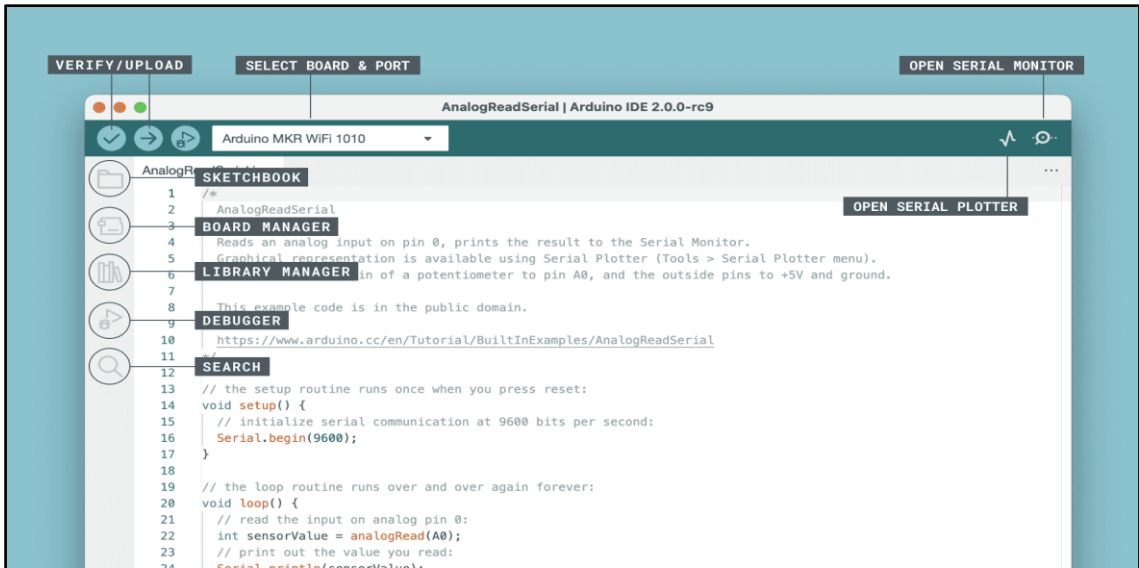


Figura 19 Interfaz del software

Fuente: (ARDUINO, 2024).

11.1.5 PROGRAMACION PARA CONTROL DE TEMPERATURA CON ARDUINO UNO.

Se requiere programar un microcontrolador Arduino para controlar la temperatura del invernadero en un rango situado entre 0 y 40°C.

El crecimiento de plantas hidropónicas es óptimo cuando la temperatura permanece dentro del rango 21 a 35°C. Cuando la temperatura al interior del invernadero supere los 35°C, se deberán activar unos ventiladores destinados a bajar la temperatura al nivel óptimo y se deberán abrir unas persianas eléctricas mediante un servomotor (girar 90°).

Mientras la temperatura se encuentre en el rango óptimo, las persianas eléctricas deberán permanecer cerradas. Cuando la temperatura al interior del invernadero sea inferior a los 20°C, se deberán activar unos calefactores destinados a subir la temperatura al nivel óptimo y se deberán cerrar las persianas eléctricas.

Adicionalmente deberá activar 3 alarmas de temperatura:

INDICADORES	Temperaturas (°C)	LED
Baja	0 - 20	Rojo, Azul
Optima	21 – 35	Amarillo
Alta	36 -40	Verde, Blanca

Tabla 21 Indicadores de Temperatura

Se dispone de un sensor analógico calibrado para entregar un voltaje de 0 a 5(V), cuando la temperatura del invernadero varía desde 0 a 40°C.

❖ Conexión teórica a través del programa “TINKERCAD”.

En la imagen podemos observar la conexión que llevara a cabo las funciones descritas en el enunciado. Podemos observar dispositivos conectados en la PROTOBOARD por lo que describiremos sus respectivos funcionamientos para esta simulación.

- En la siguiente imagen podemos observar todos los dispositivos conectados desde la placa ARDUINO UNO junto con la PROTOBOARD en el programa TINKERCAD con sus respectivas entras y salidas, junto con 5 led que nos indicaran los parámetros controlados y dispositivos en funcionamiento una vez se active el potenciómetro.

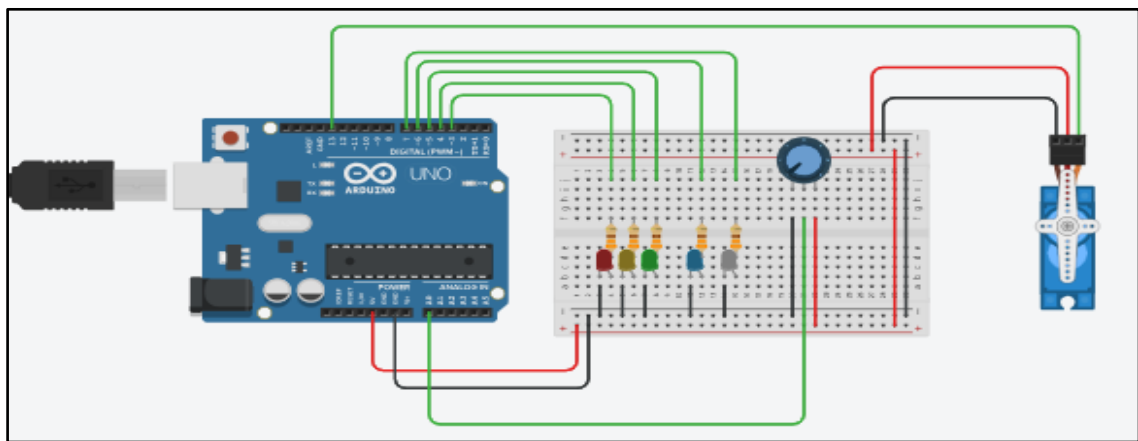


Figura 20 Conexión de dispositivos

- En la siguiente imagen podemos analizar desde el programa TINKERCAD que la simulación aún no está activada. Ya que la temperatura marca los 0°C.

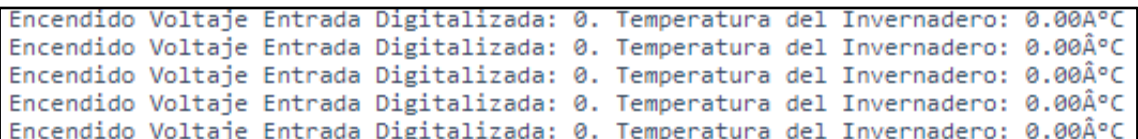


Figura 21 Simulación de conexionado

Monitor de voltaje/Potenciómetro: En esta imagen observaremos las respectivas temperaturas que ira simulando el programa, para poder analizar el comportamiento del código instaurado. Con el fin de comprobar su eficaz funcionamiento.

❖ **Inicio de simulación:** Podemos observar que se encendieron 2 led, el de color rojo y azul, esto nos indica que la temperatura esta entre los 0 y 20°C.

El led azul nos indica que se encendió el calefactor para de esta manera mantener la temperatura optima en el cultivo y evitar un inesperado estrés, disminuyendo su producción y a la vez calidad en los alimentos

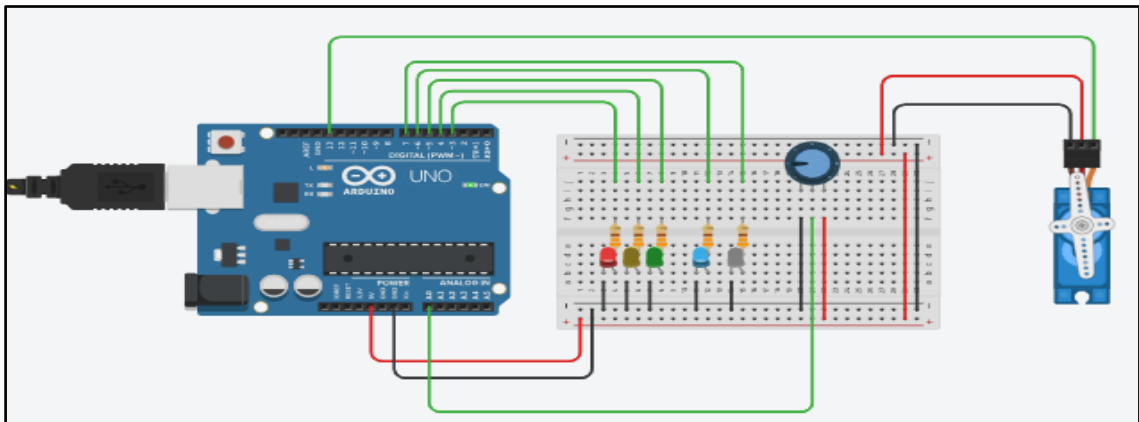


Figura 22 Inicio de simulación

En la siguiente imagen podemos observar que la temperatura del cultivo no supera los 10°C, por eso la activación del led rojo/azul, ya que marca una temperatura fuera de lo que requiere el cultivo y procede a encenderse el calefactor

```
Encendido Voltaje Entrada Digitalizada: 164. Temperatura del Invernadero: 6.41A°C
Encendido Voltaje Entrada Digitalizada: 164. Temperatura del Invernadero: 6.41A°C
Encendido Voltaje Entrada Digitalizada: 164. Temperatura del Invernadero: 6.41A°C
Encendido Voltaje Entrada Digitalizada: 164. Temperatura del Invernadero: 6.41A°C
Encendido Voltaje Entrada Digitalizada: 164. Temperatura del Invernadero: 6.41A°C
```

Figura 23 Simulación de conexionado

Podemos observar que se apagó la luz roja y azul, esto nos indica que la temperatura supero los 20°C. Y por consecuente se encendió la luz amarilla que es la óptima por lo que no estará funcionando ningún ventilador u calefactor. La temperatura esta entre los 21°C y los 35°C

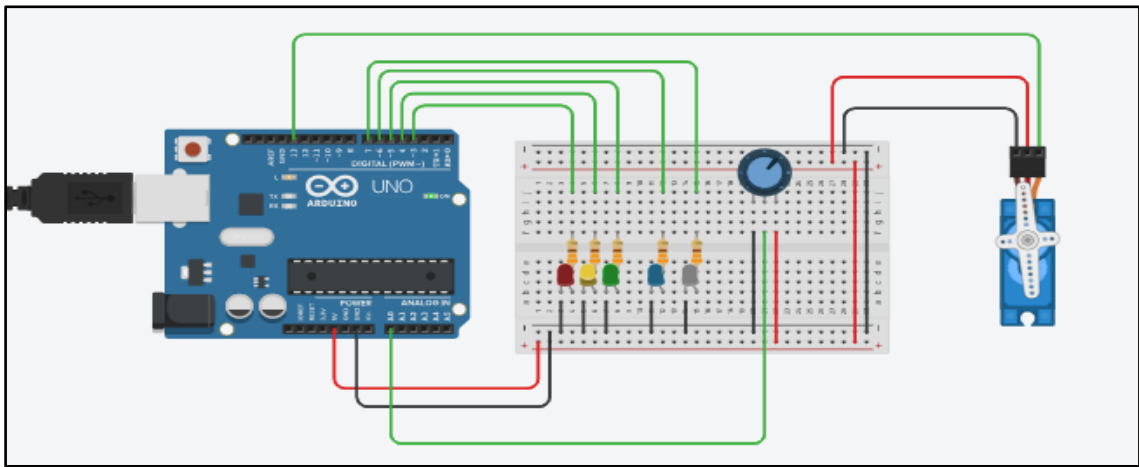


Figura 24 Simulación

En la siguiente imagen podemos observar la temperatura analizada por la simulación, siendo esta la temperatura optima que debe estar funcionando el cultivo.

```

Voltaje Entrada Digitalizada: 655. Temperatura del Invernadero: 25.61A°C
Voltaje Entrada Digitalizada: 655. Temperatura del Invernadero: 25.61Â°C
Voltaje Entrada Digitalizada: 655. Temperatura del Invernadero: 25.61Â°C
Voltaje Entrada Digitalizada: 655. Temperatura del Invernadero: 25.61Â°C
Voltaje Entrada Digitalizada: 655. Temperatura del Invernadero: 25.61Â°C
Voltaje Entrada Digitalizada: 655. Temperatura del Invernadero: 25.61Â°C

```

Figura 25 Simulación de conexionado

En la siguiente imagen podemos observar que la temperatura no es la óptima debido a que se encendió el led verde y el led blanco. Esto nos indica que la temperatura supero los 35°C, se encendió el ventilador para reducir la temperatura y se activó el servo motor que tiene como función abrir unas persianas y de esta manera se genere un flujo de aire ventilando de manera acelerada el ambiente

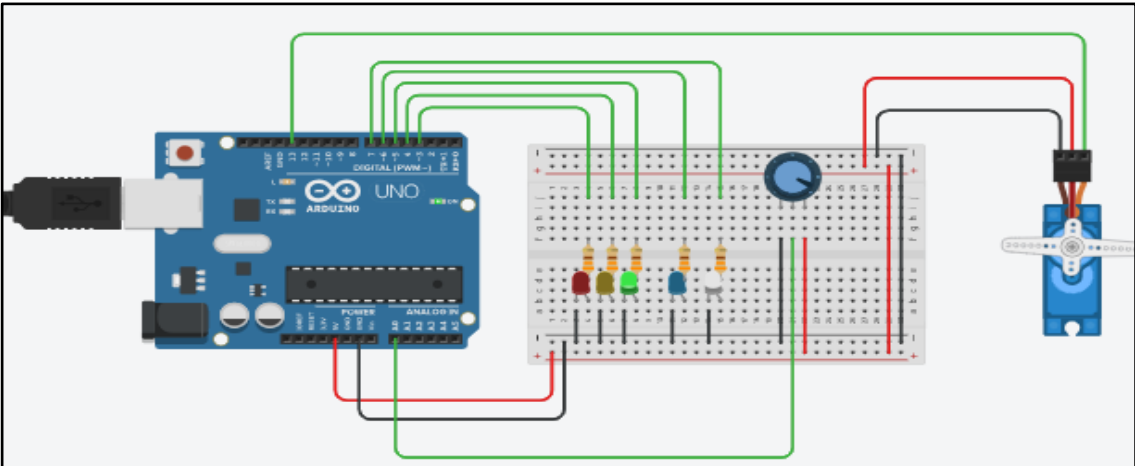


Figura 26 Simulación

En la siguiente imagen podemos observar que la temperatura supero los 37 °C, y el código activo el ventilador y el servo motor permitiendo así el paso de aire al invernadero y se desactivara una vez la temperatura se regule.

```

Encendido Voltaje Entrada Digitalizada: 962. Temperatura del Invernadero: 37.61A°C
Encendido Voltaje Entrada Digitalizada: 962. Temperatura del Invernadero: 37.61Â°C
Encendido Voltaje Entrada Digitalizada: 962. Temperatura del Invernadero: 37.61Â°C
Encendido Voltaje Entrada Digitalizada: 962. Temperatura del Invernadero: 37.61Â°C
Encendido Voltaje Entrada Digitalizada: 962. Temperatura del Invernadero: 37.61Â°C

```

Figura 27 Simulación de conexionado

Fuente: Elaboración propia.

Lista de componentes para el funcionamiento “Arduino Uno”

Nombre	Cantidad	Componente
U1	1	Arduino Uno R3
SERVO 1	1	Micro Servo Posicional
R3	5	Resistencia 330 Ω

D1	1	LED Rojo
D2	1	LED Amarillo
D3	1	LED Verde
D4	1	LED Blanco
D5	1	LED Azul
Rpot1	1	Potenciómetro de 250 kΩ
U2	1	PROTOBOARD

Tabla 22 Componentes Arduino

Código de programación Arduino IDE - TINKERCAD:

```
#include <DHT.h>
#include <Servo.h>

// Definiciones de pines
#define DHTPIN1 2 // Pin digital para el primer sensor DHT
#define DHTPIN2 3 // Pin digital para el segundo sensor DHT
#define DHTPIN3 4 // Pin digital para el tercer sensor DHT
#define DHTTYPE DHT11 // Cambia a DHT22 si usas ese tipo de sensor

#define VENT_PIN 5 // Pin digital para el control del ventilador
#define CALF_PIN 6 // Pin digital para el control del calefactor
#define SERVO_PIN 9 // Pin digital para el control del servomotor
#define PH_PIN A0 // Pin analógico para el sensor de pH
#define EC_PIN A1 // Pin analógico para el sensor de EC
#define HUMIDITY_THRESHOLD 50 // Umbral de humedad para activar el servomotor

// Inicialización de sensores y actuadores
DHT dht1(DHTPIN1, DHTTYPE);
DHT dht2(DHTPIN2, DHTTYPE);
DHT dht3(DHTPIN3, DHTTYPE);
Servo servo;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  dht1.begin();
  dht2.begin();
  dht3.begin();
  servo.attach(SERVO_PIN);
  pinMode(VENT_PIN, OUTPUT);
  pinMode(CALF_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(VENT_PIN, LOW);
  digitalWrite(CALF_PIN, LOW);
  servo.write(0); // Posición inicial del servomotor
}

void loop() {
```

```
// Lectura de sensores de temperatura
float temp1 = dht1.readTemperature();
float temp2 = dht2.readTemperature();
float temp3 = dht3.readTemperature();

// Lectura de humedad
float humidity = dht1.readHumidity(); // Leer humedad desde el primer sensor

// Lectura de pH y EC
float ph = analogRead(PH_PIN) * (5.0 / 1023.0) * 3.5; // Conversión de voltaje a pH
float ec = analogRead(EC_PIN) * (5.0 / 1023.0) * 1000; // Conversión de voltaje a mS/cm

if (isnan(temp1) || isnan(temp2) || isnan(temp3) || isnan(humidity)) {
  Serial.println("Error leyendo los sensores de temperatura o humedad!");
  return;
}

float tempProm = (temp1 + temp2 + temp3) / 3.0;

Serial.print("Temperatura promedio: ");
Serial.println(tempProm);
Serial.print("Humedad: ");
Serial.println(humidity);
Serial.print("pH: ");
Serial.println(ph);
Serial.print("EC: ");
Serial.println(ec);

// Control de temperatura
if (tempProm > 25.0) {
  digitalWrite(VENT_PIN, HIGH); // Enciende el ventilador
  digitalWrite(CALF_PIN, LOW); // Asegúrate de que el calefactor esté apagado
} else if (tempProm < 18.0) {
  digitalWrite(VENT_PIN, LOW); // Asegúrate de que el ventilador esté apagado
  digitalWrite(CALF_PIN, HIGH); // Enciende el calefactor
} else {
  digitalWrite(VENT_PIN, LOW); // Apaga el ventilador
  digitalWrite(CALF_PIN, LOW); // Apaga el calefactor
}

// Control de humedad
if (humidity < HUMIDITY_THRESHOLD) {
  servo.write(90); // Mueve el servomotor para aislar el invernadero
} else {
  servo.write(0); // Devuelve el servomotor a la posición inicial
}

delay(2000); // Espera 2 segundos antes de la siguiente lectura
}
```

Tabla 23 Código de Programación Arduino

Fuente: Elaboración propia.

11.1.6 DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO

Sensores de Temperatura:

Tres sensores de temperatura (DHT11 o DHT22) miden la temperatura en diferentes puntos.

Si la temperatura promedio es mayor a 25°C, se activa el ventilador.

Si la temperatura promedio es menor a 18°C, se activa el calefactor.

Sensor de Humedad:

Un sensor de humedad (DHT11 o DHT22) mide la humedad.

Si la humedad baja del umbral establecido (50%), se activa el servomotor para aislar el invernadero.

Sensor de pH:

Un sensor de pH conectado al pin analógico A0 mide el nivel de pH de la solución nutritiva.

Sensor de EC (Conductividad Eléctrica):

Un sensor de EC conectado al pin analógico A1 mide la conductividad eléctrica de la solución nutritiva.

Ventilador y Calefactor:

Un ventilador y un calefactor están conectados a relés controlados por los pines digitales 5 y 6 del Arduino.

Servomotor:

Un servomotor conectado al pin digital 9 del Arduino se mueve para aislar el invernadero cuando la humedad es baja.

11.1.6.1 CONEXIÓN DETALLADA

Arduino Uno:

Usa la placa base para conectar todos los componentes.

Sensores de Temperatura y Humedad (DHT11/DHT22):

DHT1:

Data pin al pin digital 2 del Arduino

VCC a 5V

GND a GND

DHT2:

Data pin al pin digital 3 del Arduino

VCC a 5V

GND a GND

DHT3:

Data pin al pin digital 4 del Arduino

VCC a 5V

GND a GND

Sensor de pH:

Conecta el pin de salida del sensor de pH al pin analógico A0 del Arduino.

VCC a 5V

GND a GND

Sensor de EC:

Conecta el pin de salida del sensor de EC al pin analógico A1 del Arduino.

VCC a 5V

GND a GND

Relé para el Ventilador:

Conecta el pin de control del primer relé al pin digital 5 del Arduino.

Conecta el pin COM del relé a un terminal del ventilador.

Conecta el pin NO (Normally Open) del relé al terminal positivo de la fuente de alimentación del ventilador.

Conecta el terminal negativo del ventilador a GND.

Relé para el Calefactor:

Conecta el pin de control del segundo relé al pin digital 6 del Arduino.

Conecta el pin COM del relé a un terminal del calefactor.

Conecta el pin NO (Normally Open) del relé al terminal positivo de la fuente de alimentación del calefactor.

Conecta el terminal negativo del calefactor a GND.

Servomotor:

Conecta el pin de control del servomotor al pin digital 9 del Arduino.

Conecta el pin VCC del servomotor a 5V.

Conecta el pin GND del servomotor a GND.

12. **RECURSOS Y SOSTENIBILIDAD**

12.1 **SELECCIÓN DE BOMBA**

La bomba sumergible RESUN KING-3 es una solución eficiente y confiable diseñada para sistemas hidropónicos, especialmente aquellos que utilizan la técnica de película de nutrientes (NFT). Con una capacidad de flujo de 2000 litros por hora, esta bomba es capaz de proporcionar un suministro constante y adecuado de nutrientes a tus plantas.

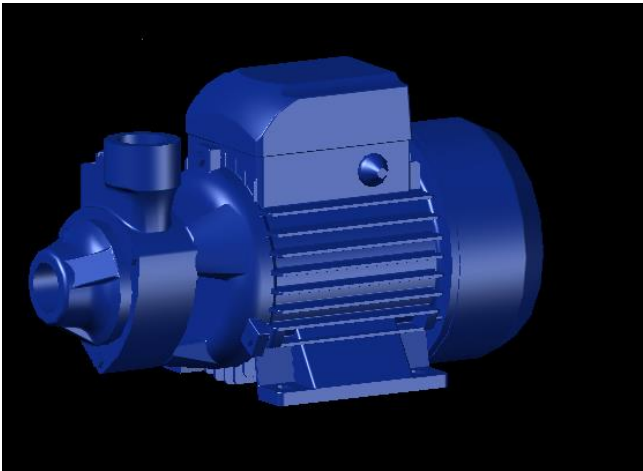


Figura 28 Bomba Periférica

Marca/Modelo	RESUN KING-3
Capacidad de Flujo (L/H)	2000
Potencia (W)	45
Voltaje (V AC)	220-240
Altura de Elevación Máxima (m)	2.8
Frecuencia (Hz)	50
Precio Unitario (CLP)	32,000

Vida Útil Estimada (años)	3
Depreciación Anual (CLP)	10,666.67
Costo Operación Anual (CLP)	18,921.60

Tabla 24 Características bomba periférica.

Cálculo del Número de Reynolds

Datos Utilizados:

Capacidad de Flujo (Q): 1000 L/h (0.0002778 m³/s)

Diámetro Interno de la Tubería (d): 0.1016 metros (4 pulgadas)

Densidad del Agua (ρ): 1000 kg/m³

Viscosidad Dinámica del Agua (μ): 0.001 Pa·s (kg/(m·s))

$$Re = \frac{\rho \times v \times d}{\mu}$$

Velocidad de flujo (v)

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0.0002778}{\pi \frac{0.1016^2}{4}} = 0,0343 \text{ m/s}$$

Numero de Reynolds

$$Re = \frac{1000 \times 0,0343 \times 0,1016}{0,001} = 3481,08$$

Resultados:

Velocidad del Flujo (v): 0.0343 m/s

Número de Reynolds (Re): 3481.08

Este número de Reynolds indica un flujo en la región de transición, cercano al flujo laminar en la tubería.

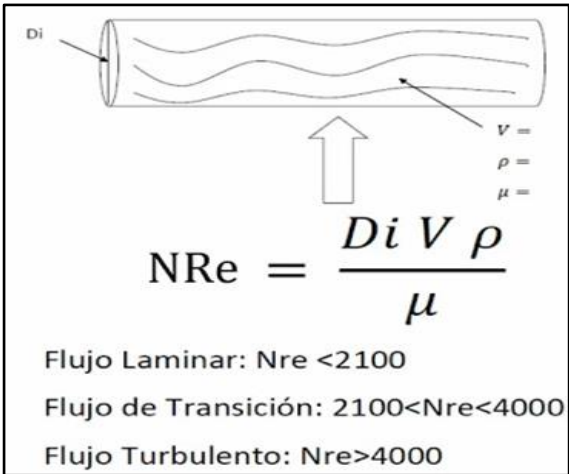


Figura 29 Formula NRE

12.1.1 PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA BOMBA RESUN KING-3

✓ Mantenimiento Diario:

Verificar el Funcionamiento: Asegúrate de que la bomba esté funcionando sin ruidos inusuales o vibraciones excesivas.

Inspección Visual: Revisa que no haya fugas de agua y que los cables estén en buen estado.

✓ Mantenimiento Semanal:

Limpieza del Prefiltros: Retira y limpia el prefiltros para asegurar que no haya obstrucciones.

Comprobar el Flujo de Agua: Verifica que el flujo de agua sea constante y suficiente para todas las unidades del sistema NFT.

✓ **Mantenimiento Mensual:**

Limpieza del Impulsor: Desmonta y limpia el impulsor de la bomba para eliminar cualquier acumulación de residuos.

Revisión de Conexiones Eléctricas: Asegúrate de que todas las conexiones eléctricas estén seguras y libres de corrosión.

✓ **Mantenimiento Trimestral:**

Inspección General: Realiza una inspección detallada de todas las partes de la bomba, incluyendo juntas y sellos.

Lubricación: Si es necesario, lubrica las partes móviles de la bomba según las recomendaciones del fabricante.

✓ **Mantenimiento Anual:**

Reemplazo de Partes Desgastadas: Cambia cualquier parte que muestre signos de desgaste o deterioro significativo.

Prueba de Rendimiento: Realiza una prueba completa del rendimiento de la bomba para asegurarte de que esté operando a su capacidad óptima.

12.2 CANALES DE CULTIVOS

El cultivo se conforma de 10 canales de 4", que tiene la capacidad de alojar 8 plantas por medio de canastos en cada orificio, estamos hablando de una producción continua de 80 cultivos a la vez teniendo una completa libertad para poder manipular y dar seguimiento a cada uno de ellos. Un diseño simple con gran nivel de producción es lo que destaca este diseño creando mayores porcentajes de sostenibilidad y rentabilidad del producto.



Figura 30 Canales cultivo NFT

Consideraciones:

- Cada perforación tendrá 200 (mm) de distancias a lo largo del tubo y tendrán un diámetro de 60 (mm) para alojar el cultivo
- Tubería del tipo PVC C-10 CEMENTAR

12.3 MANOMETRO

Instrumento de medición que indica la presión del agua en el sistema NFT Glicerina, Conexión NPT, PN10, para líquidos corrosivos.

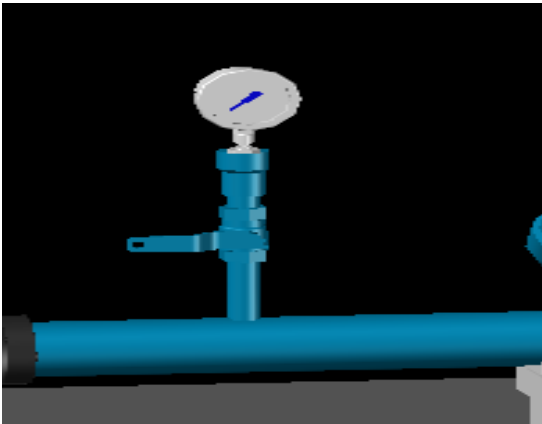


Figura 31 Manómetro Sistema NFT.

Consideraciones: entregadas por fabricante.

Capacidad	Manómetro 0-10 bar DN ½”
Material	Acero Inoxidable 316
Diámetro de Descarga	2”
Dimensiones	¾”

Tabla 25 Características manómetro

12.4 FILTRO CAÑERÍA

Los filtros son excelentes filtradores de partículas orgánicas y minerales, será utilizado principalmente para proteger el sistema de riego de nuestro sistema NFT



Figura 32 Filtro cañería Sistema NFT

Consideraciones: Entregadas por fabricantes

FILTRO	PLASTICO 2 PULGADAS MALLA ACERO INOXIDABLE
MALLA	120 MESH
PRESION	6 BARES
FILTRADO	20M3

Tabla 26 Características filtro cañería

12.5 ESTRUCTURA SOPORTE

El circuito del cultivo hidropónico estará sobre la estructura soporte diseñada para alojar todo el cultivo, debe ser capaz de sostener el peso de canales, cultivos y la circulación de solución nutritiva del sistema

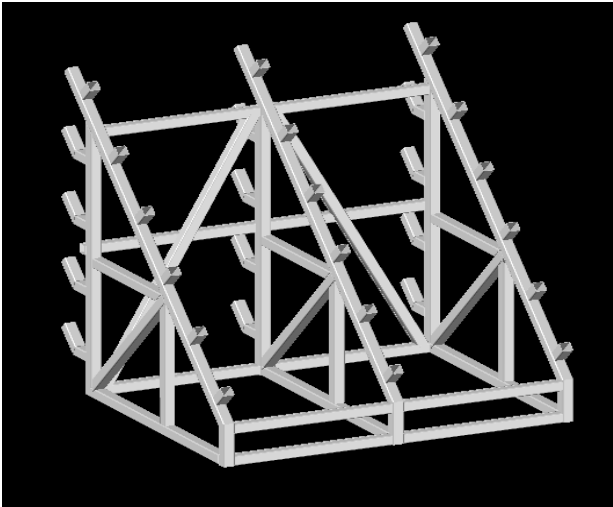


Figura 33 Estructura de soporte Sistema NFT

Consideraciones:

Material	Madera 35,5 m
Altura	1.5m
Capacidad	10 canales

Tabla 27 Características estructura sistema NFT

12.6 ESTANQUE ACUMULACION VERTICAL

El estanque utilizado corresponde a la marca BIOPLASTIC compuesto principalmente de Polietileno LLDPE, nos presentan un diseño cilíndrico con manto ondulado, este tipo de estanques es para uso domiciliario e industrial, Son fabricados con calidad Alimenticia, cuentan con certificado de a toxicidad emitido por el CESMEC, poseen filtro UV, tapa, caras planas para la instalación de accesorios

Son capaces de almacenar líquidos con densidad 1,0 Kg/LT como el agua o de mayor densidad.



Figura 34 Estanque de acumulación vertical de Sistema NFT

Consideraciones: Entregadas por fabricantes

Poseen filtro UV.
Pigmentación para una mayor conservación del agua inhibiendo la proliferación de microorganismos.
Caras planas para la ubicación de accesorios.
Resistente a la expansión y contracción por variaciones de temperatura.
Gran resistencia a los golpes

Tabla 28 Características estanque acumulación vertical

13. DEPRECIACION DE EQUIPOS

ITEM	TIEMPO	MONTO ANUAL DEPRECIADO
BOMBA PERIFERICA	3	\$10,666
ESTANQUE ACUMULACION VERTICAL	10	\$8.110
CANALES DE CULTIVOS, TUBERIAS Y ACCESORIOS	6	\$6.113
MANOMETRO	4	\$1.925
FILTRO CAÑERIA	2	\$3.900
TIMER ANALOGICO	3	\$1.330
PLACA ARDUINO	2	\$4.000
MEDIDOR DE PH	2	\$4.950
VENTILADOR	5	\$7.000
CALEFACTOR	5	\$5.000
MEDIDOR DE CE	2	\$3.250
	Total	\$56.244

Tabla 29 Depreciación de equipos

14. **CUBICACION Y PRESUPUESTO**

Se organizo em dos partes, una inclinada que empieza desde la salida del estanque hasta las canales inclinadas del circuito y otra recta que parte de la parte superior del proyecto hacia la entrada del estanque.

14.1 **LISTADO DE MATERIALES PARTE INCLINADA**

ITEM	DESCRIPCION
	TUBERIA
1	Tubería PVC C-10 CEMENTAR ½”
2	Tubería PVC C-10 CEMENTAR 2”
3	Tubería PVC C-10 CEMENTAR 4”
	FITTING
4	Codo 90º0 PVC, PN10 CEMENTAR 2”
5	Reducción concéntrica PVC, PN10 CEMENTAR 4”X 2”
6	Reducción concéntrica PVC, PN10 CEMENTAR ¾”X ½”
7	TEE PVC, PN10 CEMENTAR 2”
8	TEE REDUCCION PVC DN 63 X 16 mm PN10 CEMENTAR 2”X ½”
	FLANGES
9	FLANGE BRIDA CON MANGO VOLANTE PVC 2”
	VALVULAS
10	Válvula de bola PVC doble unión americana junta con cierre en EPDM manilla en polipropileno con fibra de vidrio PN16 CEMENTAR 2”
11	Válvula de bola cuerpo AISI 316, Bola AISI 316, Asiento teflón, Roscada HI-HI NPT ½”
	OTROS
12	Manómetro 0-10 bar DN ½” Glicerina, Conexión NPT, PN10 Acero Inoxidable 316, para líquidos corrosivos. ¾”
13	FILTRO CAÑERIA 2”
14	BOMBA PERIFERICA

Tabla 30 Listado de materiales parte inclinada

14.2 **LISTADO DE MATERIALES PARTE RECTA.**

ITEM	DESCRIPCION
	TUBERIA
1	Tubería PVC C-10 CEMENTAR 2”

2	Tubería PVC C-10 CEMENTAR 4”
	FITTING
3	Codo 90° PVC, PN10 CEMENTAR 2”
4	TEE PVC. PN10 CEMENTAR
5	Reducción concéntrica PVC, PN10 CEMENTAR 4”X 2”
	VALVULAS
6	Válvula de bola PVC doble unión americana junta con cierre en EPDM manilla en polipropileno con fibra de vidrio PN16 CEMENTAR 2”
	OTROS
7	ESTANQUE VERTICAL 1000L

Tabla 31 Listado de materiales parte recta

14.3 COSTO DE INSUMOS

	DESCRIPCION	CAN T.	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Tubería PVC C-10 CEMENTAR ½”	0,2 m	Tira 6 m	\$ 2.390	\$ 2.390
2	Tubería PVC C-10 CEMENTAR 2”	11,7 m	Tira 6 m	\$ 4.890	\$ 9.780
3	Tubería PVC C-10 CEMENTAR 4”	8,3 m	Tira 6 m	\$ 9.340	\$ 18.680
4	Codo 90 ⁰ PVC, PN10 CEMENTAR 2”	28	C/U	\$ 1.020	\$ 28.560
5	Reducción concéntrica PVC, PN10 CEMENTAR 4”X 2”	20	C/U	\$ 2.290	\$ 45.800
6	Reducción concéntrica PVC, PN10 CEMENTAR ¾”X ½”	1	C/U	\$ 2.990	\$ 2.990
7	TEE PVC, PN10 CEMENTAR 2”	2	C/U	\$ 1.690	\$ 3.380
8	TEE reducción PVC DN 2” X ½”	1	C/U	\$ 2.130	\$ 2.130
9	FLANGE BRIDA con mango volante PVC CEMENTAR 2”	1	C/U	\$ 8.500	\$ 8.500
	PINO ECONOMICO 2x2	35,5 m	3,2 m	\$ 1.590	\$ 19.080
10	Válvula de bola cuerpo AISI 316, Bola AISI 316, Asiento	1	C/U	\$ 9.000	\$ 9.000

	teflón, Roscada HI-HI NPT ½”				
11	Válvula de bola PVC doble unión americana junta con cierre en EPDM manilla en polipropileno con fibra de vidrio PN16 CEMENTAR 2”	2	C/U	\$ 4.190	\$ 4.190
12	Manómetro 0-10 bar DN ½” Glicerina, Conexión NPT, PN10 Acero Inoxidable 316, para líquidos corrosivos. ¾”	1	C/U	\$ 7.700	\$ 7.700
13	MEDIDOR DE PH	1	C/U	\$9.900	\$9.900
14	MEDIDOR DE CE	1	C/U	\$6.500	\$6.500
15	CALEFACTOR	1	C/U	\$35.000	\$35.000
16	VENTILADOR	1	C/U	\$25.000	\$25.000
17	PLACA ARDUINO	1	C/U	\$8.000	\$8.000
18	Estanque Vertical 1000 L	1	C/U	\$ 81.100	\$ 81.100
19	TIMER analógico	1	C/U	\$ 3.990	\$ 3.990
20	FILTRO CAÑERIA 2”	1	C/U	\$ 7.800	\$ 7.800
21	Bomba periférica	1	C/U	\$ 51.990	\$ 51.990
TOTAL			\$ 391.460		

Tabla 32 Total de presupuesto

Inversión inicial: 391.460 CLP Ingresos anuales esperados: 720.000 CLP Costos anuales esperados: 310.764 CLP Duración del proyecto: 5 años Tasa de descuento: 10%

16. SELECCIÓN DE CULTIVO.

Para abordar el proyecto de mejor manera se realizará una simulación de un cultivo seleccionado de acuerdo con las características que entrega el proyecto.

16.1 LECHUGA HIDROPONICA

Nuestro diseño está principalmente orientado a el cultivo de lechuga hidropónica debido a sus diferentes ventajas nutricionales y el mercado global al cual está destinado.



Figura 36 Lechuga hidropónica

Las lechugas tienen un ciclo de cultivo relativamente corto, que puede ser de 30 a 45 días desde la siembra hasta la cosecha. Esto permite múltiples ciclos de cultivo al año, aumentando la productividad, Provocando alta rentabilidad debido a la rapidez en los ciclos de cultivo esto significa que se puede obtener un mayor volumen de producción en un periodo de tiempo más corto, maximizando así los ingresos.

Las lechugas son plantas de tamaño moderado y se adapta bien a las condiciones de nuestro sistema NFT, donde las raíces tienen suficiente espacio para crecer y absorber nutrientes.

Una de las ventajas que trae consigo la producción local de las lechugas hidropónicas es de reducir el tiempo de transporte al mercado lo que garantiza frescura y mayor vida útil del alimento, en cuanto al mercado de la lechuga es bastante estable lo que nos va a asegurar un retorno de inversión más predecible que otros alimentos.

16.2 LOCALIZACION CLIMATICA Y ACCESIBILIDAD

El diseño propuesto puede ser establecido tanto al aire libre como también bajo las condiciones de un invernadero, esto dependerá principalmente de la inversión inicial, pero de igual manera en un invernadero se pueden crear y mantener condiciones climáticas óptimas para maximizar el rendimiento y la calidad de los cultivos.

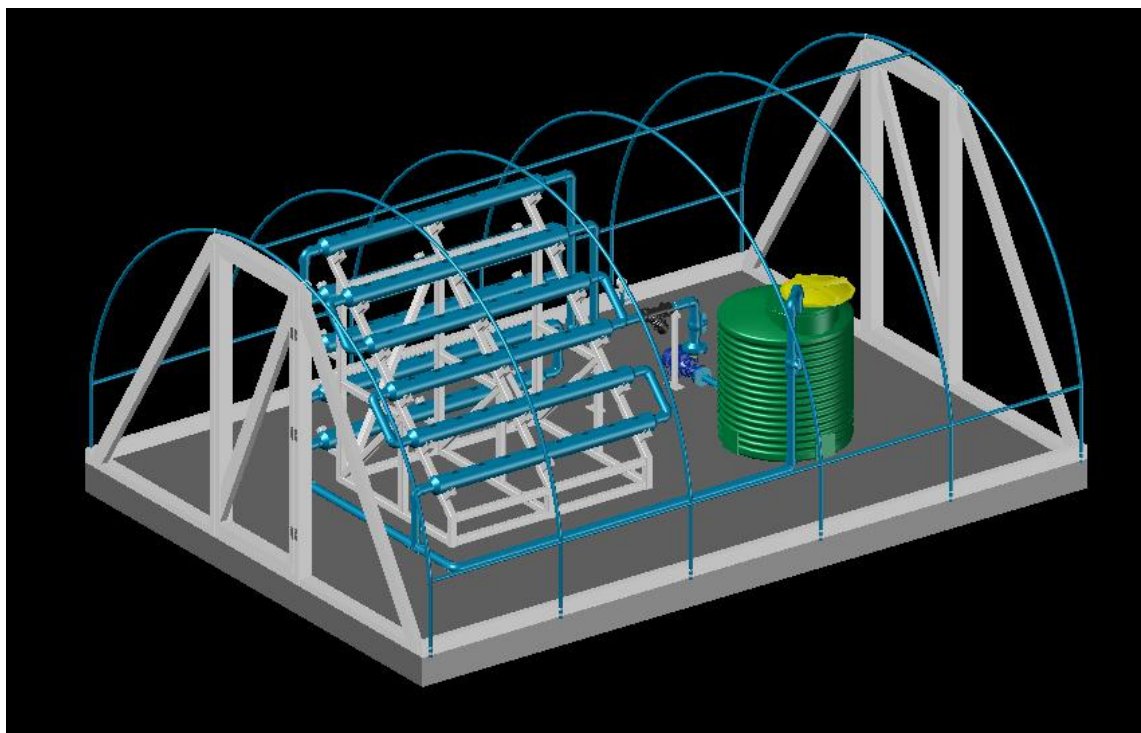


Figura 37 Cultivos hidropónico NFT

Fuente: Elaboración propia.

Para que las lechugas crezcan de manera óptima en un sistema de cultivo hidropónico tipo NFT se deben cumplir las siguientes condiciones climáticas:

Temperatura: Entre 15°C y 25°C. Las temperaturas más bajas pueden ralentizar el crecimiento, mientras que temperaturas superiores a 28°C pueden causar estrés térmico y afectar negativamente el desarrollo.

Humedad relativa: Entre 50% y 70%. Niveles muy altos de humedad pueden favorecer enfermedades fúngicas, mientras que niveles muy bajos pueden aumentar la evapotranspiración.

Luz: Las lechugas requieren entre 12 y 16 horas de luz diaria para un crecimiento adecuado. La intensidad de la luz debe estar en el rango de 150 a 250 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ de luz fotosintéticamente activa (PAR).

Calidad del aire: Necesitan buena circulación de aire para prevenir enfermedades y proporcionar suficiente dióxido de carbono para la fotosíntesis.

No se tomó en consideración factores como el viento y las precipitaciones que pueda haber en el lugar debido a ser un entorno cerrado. Pero de igual manera el viento puede tener un

impacto significativo en el cultivo hidropónico, especialmente en áreas al aire libre. Se recomienda proporcionar un flujo de aire suave y constante para evitar la acumulación de calor y humedad alrededor de las plantas, así como para promover una buena circulación de nutrientes en el sistema hidropónico. se controla cuidadosamente el suministro de agua a las plantas a través de la solución nutritiva. Por lo tanto, la precipitación no es un factor crítico en términos de riego. Sin embargo, en regiones donde se utiliza agua de lluvia para preparar la solución nutritiva, es importante considerar la calidad y la cantidad de precipitación

16.3 **FORMULACION DE SOLUCION NUTRITIVA PARA LECHUGA HIDROPONICA**

La formulación de la solución nutritiva estándar propuesta para el cultivo de lechugas hidropónicas se compone de una concentración de distintos micronutrientes y fertilizantes para la elaboración de una solución madre, se tomó en cuenta las diferentes soluciones propuestas de autores. Es importante destacar que para cada cultivo la formulación será distinta de acuerdo con las necesidades que se requiera.

También se pueden comprar fertilizantes hidropónicos comerciales que contienen todos los nutrientes necesarios en las proporciones adecuadas, o puedes hacer tu propia mezcla utilizando sales solubles en agua.

La concentración de los nutrientes en la solución nutritiva se mide en partes por millón (ppm). A continuación, se muestran de las concentraciones para nuestro cultivo hidropónico NFT:

16.3.1 **REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES.**

<i>Elemento mineral</i>	Concentración nuestra	Steiner	Cooper
<i>Nitrógeno (N)</i>	165 ppm	185 ppm	150
<i>Fósforo (P)</i>	50 ppm	50 ppm	50
<i>Potasio (K)</i>	210 ppm	210 ppm	150
<i>Magnesio (Mg)</i>	45 ppm	45 ppm	40
<i>Calcio (Ca)</i>	190 ppm	190 ppm	120
<i>Azufre (S)</i>	65 ppm	65 ppm	50
<i>Hierro (Fe)</i>	4 ppm	4 ppm	2.5
<i>Manganeso (Mn)</i>	0.5 ppm	0.5 ppm	0.5
<i>Zinc (Zn)</i>	0.1 ppm	0.5 ppm	0.1
<i>Boro (B)</i>	0.5 ppm	0.15 ppm	0.3
<i>Cobre (Cu)</i>	0.1 ppm	0.10 ppm	0.05
<i>Molibdeno (Mo)</i>	0.05 ppm	0.05 ppm	0.05

Sodio (Ng)	0 ppm	0 ppm	0.0
Cloruro (Cl)	0 ppm	0 ppm	0.0

Tabla 33 Componentes nutricionales

Fuente Steiner, A. A. (1961). Cooper, A. J. (1979).

Solución “A”: Nitrato de Calcio (Ca (NO3)2)
Solución “B”: Fosfato de Potasio (K2HPO4)
Sulfato de Hierro (FeSO4)
Solución “C” Sulfato de Magnesio (MgSO4)

Figura 38 Solución Madre

Fuente: Elaboración propia.

16.3.2 CANTIDADES DE MACRONUTRIENTES

Esta formulada para la producción de lechugas en un sistema NFT. Las concentraciones de los nutrientes principales están dentro de los rangos recomendados y proporcionarán todos los elementos esenciales necesarios para un crecimiento óptimo de las lechugas

- Nitrato de Calcio (Ca (NO3)2):
- Nitrógeno (N): 165 ppm
- Calcio (Ca): 190 ppm

Dado que el nitrato de calcio contiene aproximadamente un 15.5% de nitrógeno y un 19% de calcio

- Fosfato de Potasio (K2HPO4):
- Fósforo (P): 50 ppm
- Potasio (K): 210 ppm

Dado que el fosfato de potasio contiene aproximadamente un 28.7% de fósforo y un 34% de potasio

- Sulfato de Magnesio (MgSO4):
- Magnesio (Mg): 45 ppm

Dado que el sulfato de magnesio contiene aproximadamente un 10.1% de magnesio

- Sulfato de Hierro (FeSO4):
- Hierro (Fe): 4 ppm

Dado que el sulfato de hierro contiene aproximadamente un 20% de hierro para preparar 1000 litros de solución nutritiva:

<u>Nitrato de Calcio (Ca (NO₃)₂):</u>
Cantidad requerida = (1000 L * 165 ppm) / (15.5/100) = 10.65 kg
<u>Fosfato de Potasio (K₂HPO₄):</u>
Cantidad requerida = (1000 L * 50 ppm) / (28.7/100) = 1.74 kg
<u>Sulfato de Magnesio (MgSO₄):</u>
Cantidad requerida = (1000 L * 45 ppm) / (10.1/100) = 4.46 kg
<u>Sulfato de Hierro (FeSO₄):</u>
Cantidad requerida = (1000 L * 4 ppm) / (20/100) = 0.02 kg

Figura 39 Cantidades en Kg de solución nutritiva.

Fuente: Elaboración propia.

16.4 SIMULACION DE CUTIVO PARA LECHUGAS HIDROPONICAS EN SISTEMA NFT

16.4.1 ETAPA N°1: GERMINACION

Duración: 3-7 días.

Método: Utiliza bandejas de germinación o bloques de espuma fenólica.

Condiciones:

- Humedad: Alta, manteniendo el sustrato siempre húmedo, pero no empapado.
- Temperatura: Idealmente entre 18°C y 24°C.
- Luz: Una vez que las semillas han germinado, necesitan luz para evitar el alargamiento de las plántulas. Unas 12-16 horas de luz diaria.

Pasos:

- Siembra: Coloca una semilla en cada celda del medio de germinación (esponjas, lana de roca, etc.).
- Riego: Mantén la humedad constante usando agua o una solución nutritiva diluida.
- Cubierta: Si es necesario, cubre las bandejas con una cúpula de plástico para mantener la humedad alta hasta que las semillas germinen.

16.4.2 ETAPA N°2: TRASPLANTE

Duración: Trasplante realizado 7-14 días después de la germinación, cuando las plántulas tienen 2-3 hojas verdaderas.

Pasos:

- Preparación del Sistema NFT: Asegúrate de que los canales NFT estén limpios y funcionando correctamente con la solución nutritiva adecuada.

- Transferencia: Retira las plántulas con cuidado del medio de germinación y colócalas en los orificios de los canales NFT. Las raíces deben estar en contacto directo con la solución nutritiva.
- Ajuste Inicial: Durante los primeros días, mantén una supervisión constante para asegurarte de que las plántulas se establezcan bien en su nuevo entorno.

16.4.3 ETAPA N°3 CRECIMIENTO

Proceso:

Duración: 21-35 días después del trasplante.

Condiciones:

- Temperatura: Ideal entre 18°C y 24°C.
- Humedad: 50%-70%.
- Luz: 12-16 horas diarias.
- Nutrientes: Conductividad Eléctrica (EC) de 1.2-1.8 mS/cm y pH entre 5.5 y 6.5.

Manejo:

- Monitorización de Nutrientes: Ajusta la solución nutritiva según sea necesario para mantener los niveles óptimos de EC y pH.
- Riego Continuo: Mantén un flujo constante de la solución nutritiva sobre las raíces.
- Iluminación: Asegúrate de que las lechugas reciban suficiente luz, ya sea natural o mediante luces LED.
- Control de Plagas y Enfermedades: Inspecciona regularmente las plantas para detectar signos de plagas o enfermedades y toma medidas preventivas o correctivas.

16.4.4 ETAPA N°4 COSECHA

Duración: La cosecha se realiza 30-45 días después del trasplante, dependiendo de la variedad de lechuga y las condiciones de crecimiento.

Pasos:

- Verificación de Madurez: Asegúrate de que las lechugas hayan alcanzado el tamaño y peso adecuados. Las hojas deben ser frescas y crujientes.
- Cosecha: Corta las lechugas a la altura de la base del tallo o retíralas completamente del sistema.
- Postcosecha: Lava las lechugas con agua limpia y enfríalas inmediatamente para mantener su frescura.

- **Empaque y Venta:** Empaca las lechugas en contenedores adecuados y almacénalas en condiciones frescas. Distribuye a los puntos de venta lo más rápido posible para asegurar su frescura.

<i>Etap</i> a	Duración	Descripción
<i>Germinación</i>	3-7 días	Uso de bandejas de germinación o bloques de espuma fenólica, alta humedad, temperatura 18-24°C, luz 12-16 horas diarias
<i>Trasplante</i>	7-14 días	Trasplante cuando las plántulas tienen 2-3 hojas verdaderas, preparación del sistema NFT, ajuste inicial
<i>Crecimiento</i>	21-35 días	Temperatura 18-24°C, humedad 50%-70%, luz 12-16 horas diarias, manejo de nutrientes, riego continuo, control de plagas
<i>Cosecha</i>	30-45 días	Verificación de madurez, cosecha, postcosecha, empaque y venta

Tabla 34 Resumen de etapas del cultivo

Fuente (Groho, 2022)

16.1 **GRAFICA DE CULTIVO SIMULADO**

Total, estimado: 30-52 días desde la siembra hasta la cosecha, dependiendo de las condiciones y la variedad de lechuga.

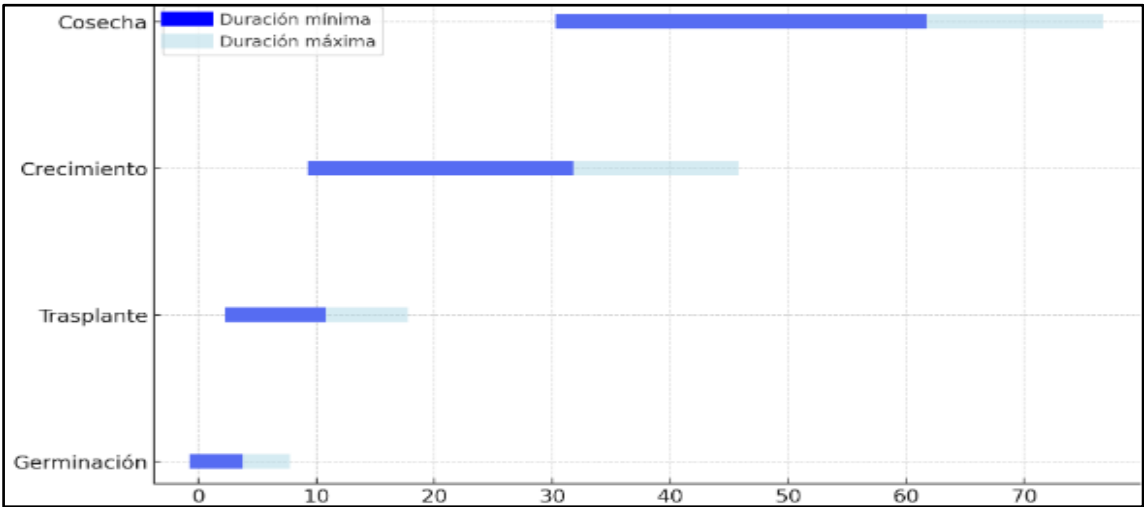


Figura 40 Simulación de cultivo

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO 4:

EVALUACIÓN ECONÓMICA

17. ANALISIS DE MERCADO

17.1 INVESTIGACIÓN DE MERCADO

ODEPA Es un servicio público centralizado, dependiente del presidente de la República a través del Ministerio de Agricultura, creada mediante la Ley N°19.147, que fuera publicada en el Diario Oficial del 21 de Julio de 1992.

según señala el Artículo 2° de dicha Ley, tendrá por objeto proporcionar información regional, nacional e internacional para que los distintos agentes involucrados en la actividad silvoagropecuaria adopten sus decisiones.

A continuación, nos entrega datos actualizados de los últimos años de producción y exportación de lechugas en Chile. (ODEPA con información de INE, 2024)

17.2 DEMANDA DEL PRODUCTO

17.2.1 SUPERFICIE DE LECHUGAS A NIVEL NACIONAL

En el año 2023 se obtuvo una superficie total de 7.486 Hectáreas a lo largo del país, una cifra que aumento en comparación del año 2010 que contaba con 6.837 hectáreas, otro dato a destacar son las cifras de menor superficie el año 2013 con 5.426 hectáreas y el año 2022 con la mayor de 8.309 hectáreas.

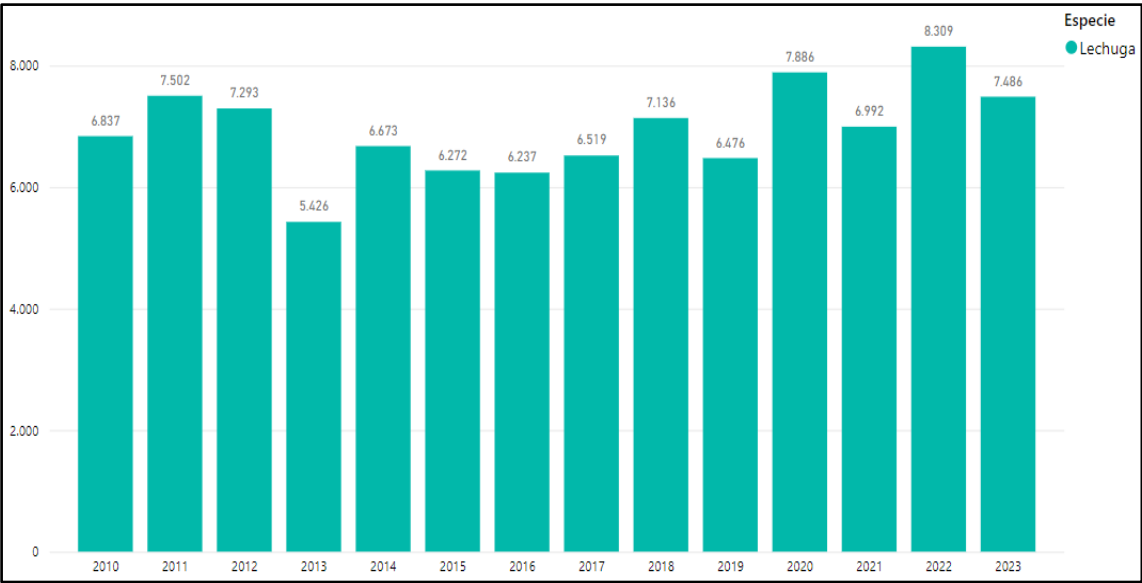


Figura 41 Superficie (ha) a nivel nacional de lechuga

Fuente (ODEPA, 2024)

17.2.2 DISTRIBUCION EN REGIONES.

Se detalla la concentración de mayor superficie por hectáreas en cada región del país donde se destacan principalmente las regiones de:

- ✓ Región Metropolitana 2.163
- ✓ Región de Coquimbo 2.145
- ✓ Región de Valparaíso 1.659

las cifras indicadas han variado a lo largo del tiempo, pero mantienen las tendencias en cuanto a regiones, dejando a estas 3 con el mayor número de hectáreas desde el año 2010 hasta el año 2023 que hasta donde se tiene la última actualización de datos por parte de la ODEPA.

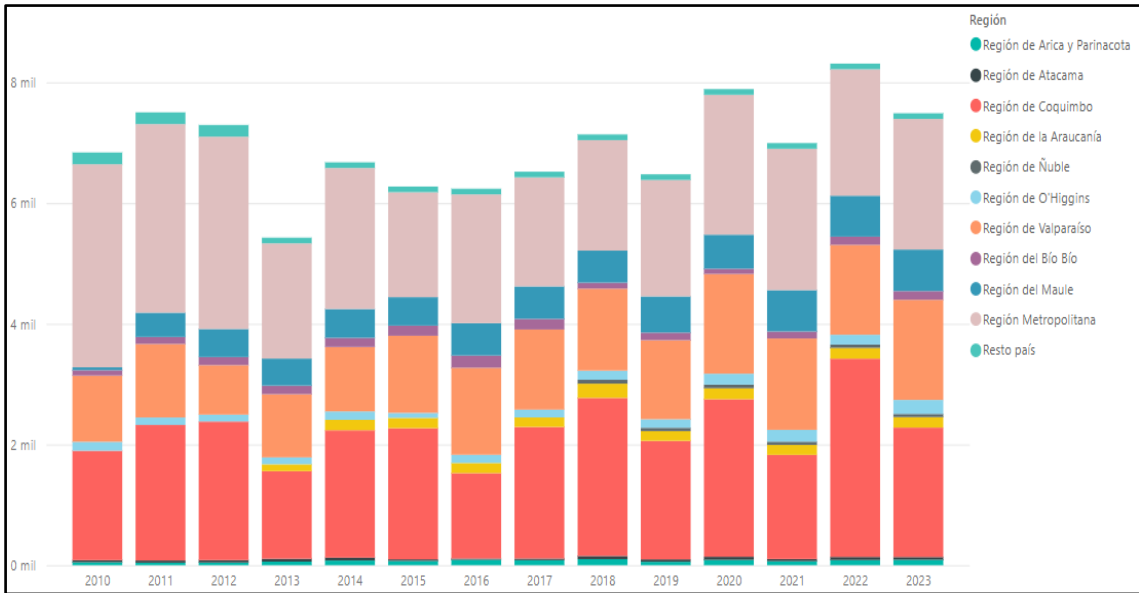


Figura 42 Superficie (ha) a nivel nacional de lechuga

Fuente (ODEPA, 2024)

17.2.3 PRECIO PROMEDIO MENSUAL

Precio promedio mensual de lechuga valor /Unidad (valores nominales con IVA incluido), en la gráfica se observa la variación de precios que ha sufrido el valor comercial de la lechuga en Chile mes a mes en los últimos 3 años.

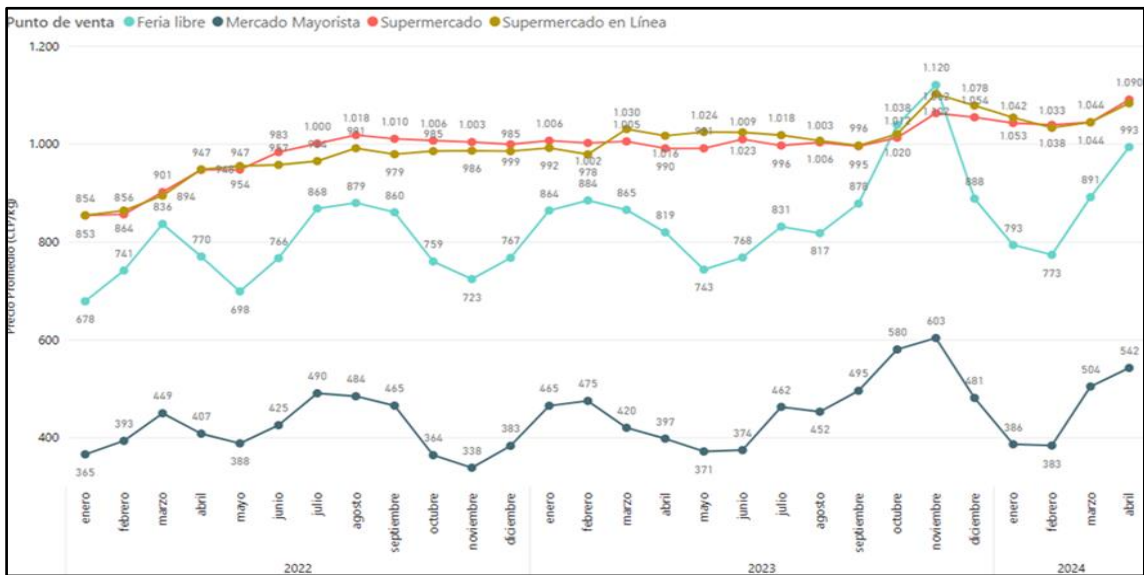


Figura 43 Precio promedio mensual de lechuga (CLP/Kg)

Fuente (ODEPA, 2024)

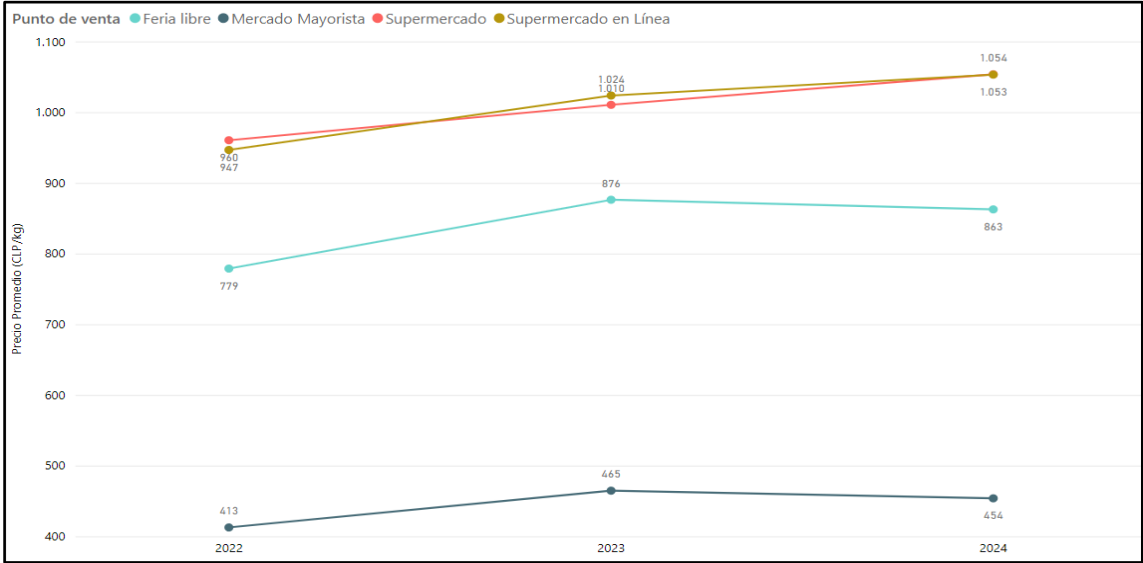


Figura 44 Precio promedio anual de lechuga (CLP/Kg).

Fuente (ODEPA, 2024)

Se muestra una tendencia a un mercado inestable por parte de las ferias libre que muestra subidas y bajada en cuanto al valor, en comparación al punto de venta que ofrecen los supermercados que es más estable que los demás, pero tiende a entregar un valor más alto que los otros puntos de venta, la tendencia más en valor siempre corresponde la entregado por el mercado mayorista, a continuación, se entregan los datos por valor promedio anual

AÑO	FERIA LIBRE	MERCADO MAYORISTA	SUPERMERCADO	SUPERMERCADO EN LINEA
2022	779	413	960	947
2023	876	465	1010	1024
2024	863	454	1054	1053

Tabla 35 Valores promedio anual

Fuente (ODEPA, 2024)

17.2.4 EXPORTACION DE LA LECHUGA EN CHILE

En la gráfica se observa un aumento de valor (USD)

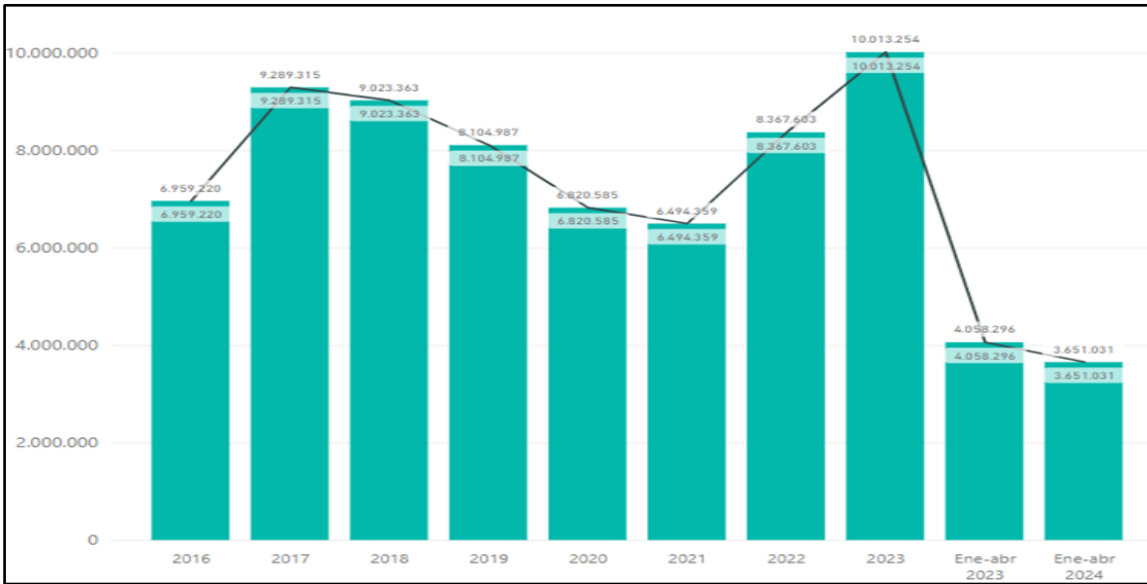


Figura 45 Exportación por valor de lechuga

Fuente (ODEPA, 2024)

Las tendencias observadas fueron el aumento significativo en el año 2017 alcanzando un valor de 9.289.315, seguido de una ligera disminución en 2018 y una caída continua hasta el año 2021, pero que en los años posteriores 2022 y 2023 hubo un aumento significativo alcanzando el mayor valor de los últimos 8 años. Los datos parciales de enero a abril de 2023 y 2024 muestran una disminución en comparación con el promedio anual de exportación por valor de lechuga.

17.2.5 NIVEL DE EXPORTACION DE LA LECHUGA

datos de diferentes concentraciones de la Exportaciones por volumen y el país de destino

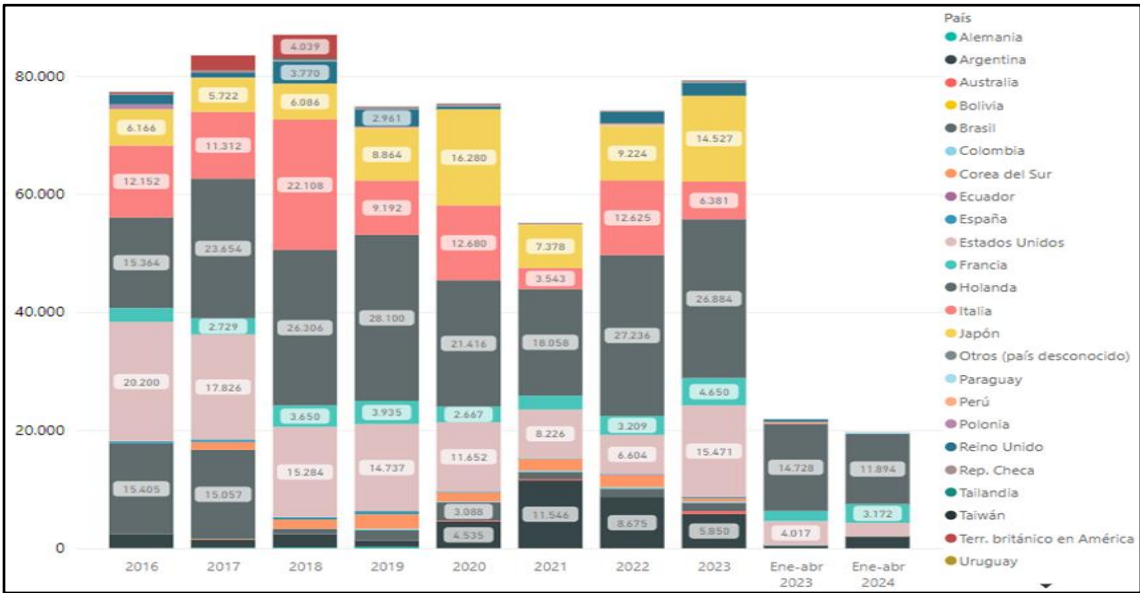


Figura 46 Exportación por volumen y países de destino

Fuente (ODEPA, 2024)

La variación total anual varia considerablemente a lo largo de los años con cimas notables en los años 2017 y 2028.

Los índices más altos se alcanzaron en 2017 con un volumen de 85,576 y el más bajo en 2021 con 46,430.

10 PRINCIPALES PAISES PARA EL DESTINO DE LECHUGAS

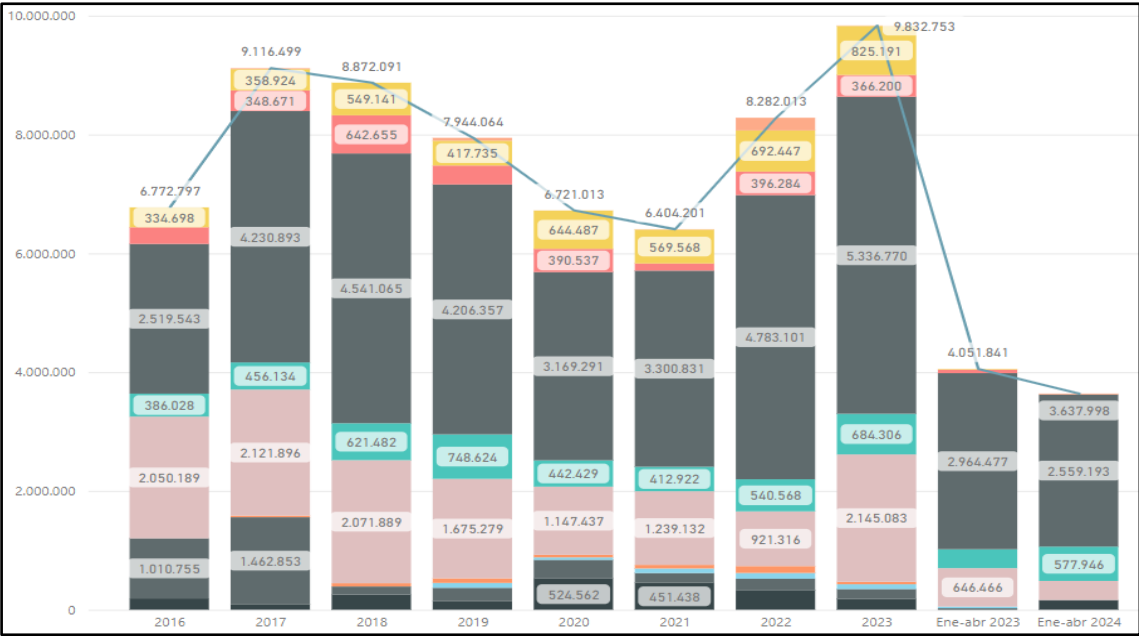


Figura 47 Exportación de lechuga

Fuente (ODEPA, 2024)

Los principales países para el destino de lechugas son Argentina, Brasil, Colombia, Corea del sur, Estados unidos, Francia, Holanda, Italia, Japón, Perú.

Destacando principalmente a Holanda, Francia y Estados unidos.

Temporada	Ene-Abr 2024
País	Francia
Valor (USD)	577.946
Volumen (Kilos)	3.172

Tabla 36 Exportación Francia

Temporada	Ene-Abr 2024
País	Estados unidos
Valor (USD)	318.590
Volumen (Kilos)	2.247

Tabla 37 Exportación Estados Unidos

Temporada	Ene-Abr 2024
País	Holanda
Valor (USD)	2.559.193
Volumen (Kilos)	11.894

Tabla 38 Exportación Holanda

Fuente (ODEPA, 2024)

El cultivo de lechugas contribuye significativamente a la economía agrícola de Chile, especialmente a través de la exportación a mercados internacionales claves, la capacidad de Chile para exportar productos agrícolas de alta calidad a mercados exigentes como Estados Unidos y Alemania es un testimonio de la competitividad del sector. Hemos observado fluctuaciones significativas a lo largo de los años, con picos en 2017 y 2023. Estas variaciones pueden atribuirse a factores climáticos y de mercado, se propone la implementación de un sistema hidropónico NFT para estabilizar y aumentar la producción de lechugas.

Este sistema ofrece un control ambiental preciso y un uso eficiente de recursos, lo que puede mitigar los efectos de las fluctuaciones observadas y satisfacer la demanda constante de mercados internacionales como Estados Unidos y Alemania. La adopción de técnicas hidropónicas puede posicionar a Chile como un líder en producción agrícola sostenible y de alta calidad.

17.2.6 TENDENCIAS DEL MERCADO

Logramos identificar las tendencias de consumo que favorezcan a los productos que genera un cultivo hidropónico

Alimentos Frescos y de Temporada: La capacidad de los sistemas hidropónicos para producir cultivos durante todo el año asegura un suministro constante de productos frescos, lo cual es atractivo para los consumidores.

Movimientos de Consumo Local: El interés en apoyar la producción local y reducir la huella de carbono asociada con el transporte de alimentos está aumentando, beneficiando a los productores hidropónicos que pueden cultivar en áreas urbanas o cercanas a los mercados.

Seguridad Alimentaria: Los consumidores están cada vez más preocupados por la seguridad de los alimentos debido a brotes de enfermedades transmitidas por alimentos. Los sistemas hidropónicos, con su entorno controlado, pueden ofrecer productos más seguros.

Trazabilidad: Los consumidores desean saber de dónde provienen sus alimentos y cómo se producen. Los productos hidropónicos pueden etiquetarse claramente con información sobre su método de cultivo y origen.

Agricultura de Precisión: La integración de tecnología avanzada en la agricultura, como el monitoreo de nutrientes y el control automatizado de las condiciones de crecimiento, es una tendencia creciente. Los cultivos hidropónicos se benefician de estas innovaciones.

Vertical Farming y Agricultura Urbana: El aumento de la agricultura urbana y vertical está haciendo que la producción de alimentos en entornos controlados sea más viable y popular.

Cambio en los Hábitos de Consumo: La pandemia ha llevado a un mayor interés en la seguridad alimentaria y la autosuficiencia.

Educación sobre Nutrición y Agricultura Sostenible: A medida que los consumidores se vuelven más informados sobre los beneficios de la agricultura sostenible y la nutrición, la demanda de productos hidropónicos aumenta.

18. **ANÁLISIS FODA**

<i>Fortaleza</i>	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
<i>Uso eficiente del agua</i>	Creciente demanda de productos frescos y locales.	Alta inversión inicial en infraestructura.	Fluctuaciones en el precio de los insumos.
<i>Mayor control sobre nutrientes y condiciones.</i>	Posibilidad de cultivo en zonas urbanas.	Necesidad de conocimientos técnicos específicos.	Dependencia de energía eléctrica.
<i>Producción durante todo el año.</i>	Reducción de huella de carbono.	Riesgo de fallos en el sistema de riego.	Competencia con agricultura tradicional.
<i>Minimización de uso de pesticidas y herbicidas.</i>	Innovación y desarrollo de nuevas tecnologías.	Limitación en la variedad de cultivos posibles.	Cambios regulatorios y políticas agrícolas.
<i>Menor uso de suelo en comparación con agricultura tradicional.</i>	Acceso a mercados premium y orgánicos.	Mayor susceptibilidad a fallos en el suministro de nutrientes.	Impacto de eventos climáticos extremos.
<i>Mayor rendimiento por área cultivada.</i>	Oportunidades de marketing y diferenciación.	Necesidad de monitoreo constante.	Posible resistencia de consumidores a productos no

			cultivados en suelo tradicional.
<i>Reducción de costos de transporte y almacenamiento.</i>	Posibilidad de obtener certificaciones ecológicas.	Dependencia de suministros constantes y de calidad.	Problemas potenciales con la gestión de residuos.

Tabla 39 Análisis FODA

Fuente: Elaboración propia.

Detalles de las Fortalezas:

- **Uso eficiente del agua:** El sistema NFT permite la recirculación del agua, reduciendo significativamente el consumo en comparación con la agricultura tradicional.
- **Mayor control sobre nutrientes y condiciones:** Posibilita ajustar con precisión los niveles de nutrientes, pH y otros factores ambientales para optimizar el crecimiento de las plantas.
- **Producción durante todo el año:** Al no depender de las estaciones, se puede cultivar continuamente, asegurando un suministro constante de productos.
- **Minimización de uso de pesticidas y herbicidas:** Las condiciones controladas del cultivo hidropónico reducen la necesidad de usar productos químicos.
- **Menor uso de suelo:** Ideal para áreas con limitaciones de espacio o suelo agrícola de baja calidad.
- **Mayor rendimiento por área cultivada:** La eficiencia del sistema permite obtener mayores rendimientos en áreas más pequeñas.
- **Reducción de costos de transporte y almacenamiento:** Al poderse ubicar cerca de los mercados, se reducen los costos y tiempos de transporte y almacenamiento.

Detalles de las Oportunidades:

- **Creciente demanda de productos frescos y locales:** La tendencia hacia el consumo de alimentos frescos y locales beneficia a los productores hidropónicos.
- **Posibilidad de cultivo en zonas urbanas:** La técnica NFT puede ser implementada en entornos urbanos, donde el espacio es limitado y la demanda de alimentos frescos es alta.
- **Reducción de huella de carbono:** La producción local reduce la necesidad de transporte a largas distancias, disminuyendo las emisiones de carbono.
- **Innovación y desarrollo de nuevas tecnologías:** El sector de la agricultura hidropónica está en constante innovación, ofreciendo oportunidades para adoptar nuevas tecnologías.

- Acceso a mercados premium y orgánicos: Los productos hidropónicos pueden posicionarse como productos de alta calidad, frescos y orgánicos, atrayendo a consumidores dispuestos a pagar más.
- Oportunidades de marketing y diferenciación: La sostenibilidad y la eficiencia de los cultivos hidropónicos son atractivos para los consumidores conscientes del medio ambiente.
- Posibilidad de obtener certificaciones ecológicas: Los métodos sostenibles y controlados pueden facilitar la obtención de certificaciones que mejoren la reputación y el valor del producto.

Detalles de las Debilidades:

- Alta inversión inicial en infraestructura: El costo inicial para establecer un sistema hidropónico puede ser alto debido a la necesidad de equipos especializados.
- Necesidad de conocimientos técnicos específicos: Operar un sistema NFT requiere conocimientos técnicos sobre hidroponía y manejo de nutrientes.
- Riesgo de fallos en el sistema de riego: Un fallo en el sistema de riego puede tener consecuencias graves, ya que las plantas dependen de un suministro continuo de agua y nutrientes.
- Limitación en la variedad de cultivos posibles: No todas las plantas se adaptan bien a los sistemas hidropónicos NFT, limitando la diversidad de cultivos.
- Mayor susceptibilidad a fallos en el suministro de nutrientes: Una interrupción en el suministro de nutrientes puede afectar rápidamente la salud de las plantas.
- Necesidad de monitoreo constante: El sistema requiere monitoreo constante para asegurar que las condiciones óptimas se mantengan.
- Dependencia de suministros constantes y de calidad: La calidad y disponibilidad de los suministros de nutrientes y otros insumos son cruciales para el éxito del cultivo.

Detalles de las Amenazas:

- Fluctuaciones en el precio de los insumos: Cambios en los precios de los nutrientes, energía y otros insumos pueden afectar la rentabilidad.
- Dependencia de energía eléctrica: La operación del sistema NFT depende de un suministro constante de energía, lo que puede ser un problema en caso de cortes o fallos.
- Competencia con agricultura tradicional: La agricultura tradicional sigue siendo la principal forma de producción de alimentos y puede competir en costos y escala.
- Cambios regulatorios y políticas agrícolas: Cambios en las regulaciones y políticas pueden afectar la viabilidad del proyecto.
- Impacto de eventos climáticos extremos: Aunque el sistema es más controlado, eventos climáticos extremos pueden afectar la infraestructura y la operación.

- Posible resistencia de consumidores a productos no cultivados en suelo tradicional:
Algunos consumidores pueden preferir productos cultivados de manera tradicional, afectando la aceptación del mercado.
- Problemas potenciales con la gestión de residuos: La gestión de residuos, especialmente en sistemas cerrados, puede presentar desafíos adicionales.

19. **PROYECCION FINANCIERA**

Capacidad de producción: 80 Lechugas por ciclo

Número de ciclos de cultivo: 9 – 10 ciclos

Precio de venta: \$1000

INGRESO MENSUAL

INGRSO MENSUAL:
$$\frac{(\text{Capacidad de producción} \times \text{Precio de ventas} \times \text{Ciclos Anuales})}{12}$$

INGRESO MENSUAL:
$$\frac{(80 \times 1.000 \times 9)}{12} = \$60.0000$$

INGRESO ANUAL

INGRESO ANUAL: Capacidad de producción x Precio de ventas x Ciclos Anuales

INGRESO ANUAL: $80 \times 1.000 \times 9 = \$720.000$

PROYECCION DE COSTOS MENSUALES Y ANUALES

CALCULO ENERGETICO DEL CULTIVO HIDROPONICO NFT

<i>Dispositivo</i>	Potencia (W)	Tiempo de funcionamiento diario (h)	Consumo diario (kWh)	Consumo total en 40 días (kWh)	Costo total en 40 días (CLP)
<i>Bomba de agua</i>	45	12	0.54	21.6	3,240
<i>Iluminación LED</i>	200	16	3.20	128.0	19,200
<i>Ventilador</i>	20	8	0.16	6.4	960
<i>Calefactor</i>	30	8	0.24	9.6	1,440
<i>Sistema de monitoreo</i>	10	24	0.24	9.6	1,440

Tabla 40 Calculo energético

CONSUMO DE AGUA POTABLE

En Chile, las tarifas de agua potable pueden variar según la región y la compañía de agua, pero una cifra comúnmente utilizada es alrededor de \$1.000 CLP por metro cúbico (1.000

litros). Esta cifra puede variar, así que, para obtener una cifra precisa, te recomendaría consultar directamente con ESSBIO o revisar boleta de agua.

CÁLCULO DEL COSTO DE 1.000 LITROS DE AGUA:

Precio por metro cúbico (1.000 litros): \$1.000 CLP

Entonces, 1.000 litros de agua equivalen aproximadamente a \$1.000 CL.

LOS COSTOS DE DIVIDEN EN:

COSTOS FIJOS: donde se ven aspectos como la renta, depreciación de equipos y seguros, pero en nuestro proyecto solo se verá reflejado la depreciación de quipos.

COSTOS VARIABLES: en este caso nutrientes, electricidad, agua, mano de obra para la construcción y funcionamiento del cultivo

COSTOS FIJOS:

Depreciación de equipos Anual: \$56.244

Costos fijos Mensual: \$4.687

COSTOS VARIABLES:

Electricidad: \$26.280

Agua: \$1.000

COSTOS VARIABLES: $26.280 + 1.000 = 27.280$

COSTOS TOTALES MENSUALES

Costos totales mensuales: Costos fijos mensuales + Costos variables mensuales
Costos totales mensuales: $4.687 + 27.280 = \$31.967$

COSTOS ANUALES

Costos totales anuales: Costos totales mensuales $\times 12$

Costos totales anuales: $31.967 \times 12 = \$ 383.604$

19.1 FLUJO DE CAJA ANUAL

Datos del proyecto:

- ✓ **Inversión inicial:** 391.460 CLP (asumido)
- ✓ **Ingresos anuales esperados:** 720,000 CLP
- ✓ **Costos anuales esperados:** 383,604 CLP
- ✓ **Duración del proyecto:** 5 años

✓ Tasa de descuento: 10%

Fórmula para calcular el VAN.

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Cálculo del VAN Año por Año.

Año 1:

➤ Flujo de Caja Anual: 336,396 CLP

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0 = \frac{336,396}{(1+0,10)^1} = 305,815 \text{ CLP}$$

➤ VAN Acumulado: $-391,460 + 305,815 = -85,645 \text{ CLP}$

Año 2

➤ Flujo de Caja Anual: 336,396 CLP

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0 = \frac{336,396}{(1+0,10)^2} = 192,368 \text{ CLP}$$

➤ VAN Acumulado: $-85,645 + 278,013 = 192,368 \text{ CLP}$

Año 3

➤ Flujo de Caja Anual: 336,396 CLP

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0 = \frac{336,396}{(1+0,10)^3} = 252,739 \text{ CLP}$$

➤ VAN Acumulado: $192,368 + 252,739 = 445,107 \text{ CLP}$

Año 4

➤ Flujo de Caja Anual: 336,396 CLP

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0 = \frac{336,396}{(1+0,10)^4} = 229,763 \text{ CLP}$$

➤ VAN Acumulado: $445,107 + 229,763 = 674,870 \text{ CLP}$

Año 5

➤ Flujo de Caja Anual: 336,396 CLP

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} - I_0 = \frac{336,396}{(1+0,10)^5} = 208,875 \text{ CLP}$$

➤ VAN Acumulado: 674,870 + 208,875 = 883,746 CLP

Este detalle muestra cómo se acumula el VAN año tras año, con el flujo de caja anual descontado para reflejar el valor presente de cada flujo de caja futuro. El proyecto sigue siendo rentable, ya que el VAN es positivo al final de los 5 años.

Cálculo del Flujo de Caja Anual sin el interés gubernamental.

Ingresos anuales: 720.000 CLP

Gastos anuales: 245.520 CLP (energía) + 9.000 CLP (agua) + 56.244 CLP (depreciación)

Gastos totales anuales = 310.764 CLP

Flujo de caja anual:720.000 CLP - 310.764CLP = 409.236CLP

Concepto	Monto (CLP)
Producción por ciclo	80 unidades
Precio por unidad	1000
Ingresos por Ciclo	80,000
Ciclos por Año	9
Ingresos Anuales	720,000
Costos iniciales (únicos)	391.460
Gastos energéticos por ciclo	27,280
Gastos energéticos anuales	245,520
Costos Totales Anuales (primer año)	576.980
Costos Totales Anuales (años siguientes)	298.764
Flujo de Caja Anual	409.236
Flujo de Caja Acumulado (primer año)	89.776
Rentabilidad	Después del segundo año

Tabla 41 Datos y montos

Año	Ingresos anuales (CLP)	Gastos energéticos anuales (CLP)	Costos iniciales (CLP)	Flujo de caja anual (CLP)	Flujo de caja acumulado (CLP)
1	720,000	245,520	391.460	409.236	17.776 CLP

Tabla 42 Flujo de caja del proyecto

FLUJO DE CAJA ACUMULADO PARA CADA AÑO DE INVERSION.

Año	Flujo caja acumulado
Año 1	17.776 CLP
Año 2:	427.012 CLP
Año 3	836.248 CLP
Año 4	1.245.484 CLP
Año 5	1.654.720 CLP

Tabla 43 Flujo acumulado por año

Año 1:

Flujo de caja acumulado (año 1) = Flujo de caja neto (año 1) - Inversión inicial

Flujo de caja acumulado (año 1) = 409.236 CLP - 391.460 CLP = 17.776 CLP

Año 2:

Flujo de caja acumulado (año 2) = Flujo de caja acumulado (año 1) +

Flujo de caja neto (año 2)

Flujo de caja acumulado (año 2) = 17.776 CLP + 409.236 CLP = 427.012 CLP

Año 3:

Flujo de caja acumulado (año 3) = Flujo de caja acumulado (año 2) +

Flujo de caja neto (año 3)

Flujo de caja acumulado (año 3) = 427.012 CLP + 409.236 CLP = 836.248 CLP

Año 4:

Flujo de caja acumulado (año 4) = Flujo de caja acumulado (año 3) +

Flujo de caja neto (año 4)

Flujo de caja acumulado (año 4) = 836.248 CLP + 409.236 CLP = 1.245.484 CLP

Año 5:

Flujo de caja acumulado (año 5) = Flujo de caja acumulado (año 4) +

Flujo de caja neto (año 5)

Flujo de caja acumulado (año 5) = 1.245.484 CLP + 409.236 CLP = 1.654.720 CLP

19.2 CALCULO DE PUNTO DE EQUILIBRIO

PUNTO DE EQUILIBRIO =

Costos fijos anuales

Precio de venta por unidad –costos vaariable po unidad

El punto de equilibrio es el nivel de ventas donde los ingresos igualan a los costos totales (fijos y variables).

COSTOS FIJOS ANUALES: Depreciación + Gastos energéticos anuales + Gastos en agua anuales

$$56.244\text{CLP} + 245.520 \text{ CLP} + 9.000 \text{ CLP} = 310.764\text{CLP}$$

Costos variables por ciclo (solo energéticos y agua, ya que la depreciación es fija):

$$27.280 \text{ CLP} + 1.000 \text{ CLP} = 28.280 \text{ CLP}$$

Costos variables anuales:

$$28.280 \text{ CLIP} / \text{ciclo} \times 9 \text{ ciclos} = 254.520 \text{ CLP}$$

Para encontrar el punto de equilibrio en unidades, necesitamos resolver para Q en la siguiente ecuación:

$$\text{Ingreso por unidad} \times Q = \text{Costos fijos anuales} + (\text{Costos variables por unidad} \times Q)$$

Aquí, los costos variables por unidad:

$$\text{Costos variables anuales} / (80 \text{ unidades/ciclo} \times 9 \text{ ciclos}) = 254.520 / 720 = 353 \text{ CLP/unidad}$$

La ecuación del punto de equilibrio es:

$$1.000 \times Q = 310.764 + 353 \times Q_e$$

$$1.000Q - 353Q = 310.764$$

$$647Q = 310.764$$

$$Q = 310.764 / 647 \approx 480 \text{ unidades}$$

19.3 **CALCULO DE PUNTO DE ROI (RETORNO DE INVERSION)**

El ROI se calcula como el beneficio neto dividido por la inversión total, multiplicado por 100 para obtener el porcentaje.

Beneficio neto anual: 409.236CLP

Inversión total: Costos totales del circuito = 391.460CLP

$$\text{ROI} = \frac{\text{Ganancia neta}}{\text{Inversion inicial}} \times 100$$

$$\text{ROI} = \frac{421.236}{331.460} \times 100 \approx 104.5\%$$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El proyecto ha demostrado ser una propuesta viable y prometedora para una producción agrícola sostenible, rentable y automatizada, destacando las ventajas del cultivo hidropónico, como el ahorro de agua, la reducción del uso de pesticidas y la posibilidad de cultivo en espacios limitados, definiendo los componentes necesarios como contenedores, soluciones nutritivas, sensores, bombas, válvulas y tuberías para un diseño eficiente, además de integrar tecnologías de automatización que permiten un control preciso de las condiciones de cultivo, asegurando una producción constante y de calidad, optimizando el uso del agua y nutrientes, reduciendo la dependencia del suelo fértil y minimizando el impacto ambiental, demostrando la viabilidad económica del sistema a través de una menor necesidad de mano de obra y un uso más eficiente de los recursos, lo que a largo plazo resulta en una alternativa más rentable y sostenible para la producción de alimentos frescos y de alta calidad nutricional en espacios reducidos y controlados.

RECOMENDACIONES

La incorporación de energías renovables como paneles solares y turbinas eólicas para reducir el consumo energético y la huella de carbono, diversifica tus cultivos con plantas exóticas, medicinales y nutraceuticas de alto valor económico, desarrolla programas de capacitación y fomenta colaboraciones académicas para impulsar la innovación, certificaciones de calidad y sostenibilidad para ganar la confianza del consumidor, integra tus sistemas en estructuras urbanas para maximizar el espacio y evalúa la escalabilidad para proyectos mayores, implementa prácticas de gestión de residuos para promover la sostenibilidad del proyecto.

BIBLIOGRAFIA

Portal Agro Chile. (2024). Los principales desafíos de la industria agrícola para el 2024.

<https://www.portalagrochile.cl/2024/01/16/los-principales-desafios-de-la-industria-agricola-para-el-2024/#:~:text=El%20cambio%20climático%20la%20eficienciaenfrenta%20la%20industria%20agrícola%20chilena.>

Guau.org. (2012). Manual de hidroponía.

<https://www.guao.org/sites/default/files/biblioteca/Manual%20de%20hidropon%C3%A1Da.pdf>

Acosta, M. B. (2019). *Plantas hidropónicas: tipos, lista de ejemplos y cómo cultivarlas*. Ecología Verde.

<https://www.ecologiaverde.com/plantas-hidroponicas-tipos-lista-de-ejemplos-y-como-cultivarlas-2159.html>

Groho. (2022). Fases de cultivo de lechuga en sistema de cultivo hidropónico NFT.

<https://www.groho.es/post/fases-de-cultivo-de-lechuga-en-sistema-de-cultivo-hidroponico-nft>

Ministerio de Agricultura. (2017). Manual de hidroponía.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual_de_hidroponia.pdf

Universidad Mayor de San Andrés. (2018). Evaluación de la eficiencia del sistema NFT en dos tiempos de riego para la optimización de la electrobomba en el cultivo de lechuga (*lactuca sativa* l.) En ambiente controlado, en la ciudad de el alto zona bautista Saavedra
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18494/T2568.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2024). Boletín de hortalizas.

https://apps.odepa.gob.cl/powerBI/boletin_hortalizas_2024.html

Software Autodesk Inventor | Consulta los precios y compra Inventor 2024 Oficial. (s. f.).

<https://latinoamerica.autodesk.com/products/inventor/overview?term=1YEAR&tab=subscription&plc=INVPROSA>

Autodesk AutoCAD 2024 | Obtener precios y suscribirte al software AutoCAD. (s. f.).

<https://latinoamerica.autodesk.com/products/autocad/overview?term=1YEAR&tab=subscription&plc=ACDIST>

WikiHow. (s.f.). (2024) Cómo configurar un enchufe temporizador.

<https://es.wikihow.com/configurar-un-enchufe-temporizador>

Bonilla Rodríguez, R. A., Salazar Izquierdo, R. A., & Guerrero Mejías, L. D. (2006). Evaluación de sustratos para la producción de hortalizas bajo invernadero en el estado Aragua, Venezuela. *Bioagro*, 18(4), 215-222.

https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000400003

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2014). *Manual de hidroponía*. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual de hidroponia.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual_de_hidroponia.pdf)

Claros, M. E. (2017). Propuesta de implementación de un sistema hidropónico en la comunidad de Villa Victoria [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio UMSA. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/18494/T-2568.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Steiner, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil*, 15(2), 134-154.
<https://doi.org/10.1007/BF01347224>

Cooper, A. J. (1979). *The ABC of NFT: Nutrient Film Technique: The World's First Method of Crop Production Without a Solid Rooting Medium*. Grower Books

Marín, P. A. (2006). Sistema de cultivo hidropónico NFT. Universidad de Talca. <http://dspace.utalca.cl/bitstream/1950/2927/1/NFT.pdf>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2014). *Manual de hidroponía*. Gobierno de México. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual de hidroponia.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232367/Manual_de_hidroponia.pdf)

Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2004). *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. PNUMA.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2017). *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. FAO. <https://www.fao.org/publications/card/en/c/I8524EN/>

Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: Concepts, principles, and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 447-465. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2163>

Iberdrola (s.f.). Hidroponía, una técnica de cultivo aliada de la sostenibilidad. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-hidroponia-y-ventajas>

Kogut, P. (1970, 1 enero). La agricultura sostenible: un nuevo concepto de cultivo. EOS Data Analytics. <https://eos.com/es/blog/agricultura-sostenible/>

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - Odepa. (2022). Agricultura sustentable. <https://www.odepa.gob.cl/sustentabilidad/agricultura-sustentable>

Programa Cultivos Tradicionales | INDAP. (s. f.). <https://www.indap.gob.cl/plataforma-de-servicios/programa-cultivos-tradicionales>

Donoso, Guillermo. (2021). Gestión de los recursos hídricos en la agricultura en Chile y sus desafíos. Revista internacional de agricultura y recursos naturales. <https://dx.doi.org/10.7764/ijanr.v48i3.2328>

Verdegen. (2021). Tipos de sistemas hidropónicos para cultivar. Generación Verde. <https://generacionverde.com/blog/hidroponia/tipos-de-sistemas-hidroponicos/>

Carrasco, G., Izquierdo, J., (1996). La empresa hidropónica: la técnica de la solución recirculante («NFT»).