

**UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO**

**UNIDAD ACADEMICA EL SENA**

**PROGRAMA: INGENIERÍA AGROFORESTAL**



**TESIS DE GRADO**

**“ÍNDICES PRODUCTIVOS DEL CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis Sativus L.*)  
EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO CON LA TÉCNICA DE RAÍZ FLOTANTE, EN  
LA CASA HIDROPÓNICA EL EDÉN MUNICIPIO EL SENA GESTIÓN 2024”.**

**Modalidad de Tesis de grado**

**Presentado por:**

**Univ. Yuler Félix Salas Ramos**

**Para optar el Título de Ingeniería Agroforestal**

**Tutor: Lic. Hunfredo Suarez Juárez**

**El Sena - Pando - Bolivia**

**2025**

## HOJA DE APROBACIÓN

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Amazónica de Pando, institución que me acogió durante todos estos años de formación académica, brindándome las herramientas y el entorno necesarios para crecer tanto profesional como personalmente.

Agradezco profundamente a todos mis docentes, quienes con dedicación y compromiso compartieron sus conocimientos, guiaron mi aprendizaje y sembraron en mí el deseo de superación constante.

Un reconocimiento especial al Dr. Noel Jesús Cuevo Calzadilla, por su valiosa amistad, por las experiencias compartidas y por su constante apoyo y orientación a lo largo de este proceso. Sus enseñanzas han dejado una huella importante en mi formación.

A mis compañeros de estudio, gracias por su compañía, apoyo y por compartir conmigo los desafíos y logros de este camino.

Finalmente, extendiendo mi agradecimiento a la Casa Hidropónica El Edén, espacio donde tuve la oportunidad de culminar esta investigación, y que me permitió llevar a cabo este proyecto con éxito.

A todos, gracias por formar parte de esta etapa tan significativa de mi vida

## **DEDICATORIA**

Al culminar una etapa maravillosa de mi vida, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todos quienes hicieron posible este sueño. A aquellos que caminan a mi lado en cada momento, brindándome su inspiración, apoyo y fortaleza incondicional.

Con especial gratitud a Dios, por ser mi guía constante. A mi amada esposa, Anasefora Salvatierra Olivera, por su amor, paciencia y compañía incansable.

A mis hijos, Kenyiro Salas, Yudiel Salas y Katina Salas, quienes son mi mayor motivación y orgullo.

A mis padres, Iver Salas Cuéllar y María Luisa Ramos Nachipa, por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la humildad.

Y a mis hermanos, Iver, Rashel, Alberto, Kensy y Clever Salas, por su cariño y apoyo a lo largo de este camino.

Gracias a cada uno de ustedes por recordarme que:

"El verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayudar al otro a superarse."

## Indice

### CAPITULO I

#### GENERALIDADES

1.1.Introducción.....	1
1.2. Planteamiento Del Problema .....	2
1.2.1. Descripción problema.....	2
1.2.2. Formulación del problema.....	4
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general .....	4
1.3.2. Objetivos Específicos .....	5
1.4. Justificación.....	5
1.5.Hipótesis.....	8

### CAPITULO II

#### SUSTENTACION TEORICA

2.1.Revisión Bibliográfica Del Pepino .....	10
2.1.1. Importancia del cultivo.....	10
2.1.2. Producción de pepino a nivel mundial .....	12
2.1.3. Producción de pepino a nivel Bolivia.....	13
2.1.4. Cultivo de pepino origen .....	14

2.1.5. Taxonomía y morfología del pepino .....	15
2.1.6. Característica botánica del cultivo .....	17
2.1.7. Hidroponía.....	20
2.1.8. Sistema de raíz flotante .....	24
2.1.9 Características edafológicas del cultivo de pepino.....	25
2.1.10 Labores culturales del cultivo de pepino .....	27
2.1.11 Plagas y enfermedades .....	29
2.1.12 Condiciones ideales para la hidroponía de pepino .....	32
2.1.13 Cuidados necesarios para el pepino en hidroponía.....	32

### CAPITULO III

#### MARCO METODOLOGICO

3.1. Tipo de investigación .....	35
3.2. Enfoque.....	35
3.3. Método.....	35
3.4. Población y muestra.....	36
3.4.1. Población.....	36
3.4.2. Muestra .....	36
3.5. Técnicas e instrumentos de investigación.....	36
3.5.1. Técnicas.....	36

3.5.2. Instrumentos .....	37
3.6. Referencia Geográfica donde se Ejecuta la Investigación.....	37
3.6.1. Ubicación del proyecto.....	37
3.7. Diseño del módulo de experimento. ....	37
3.8. Descripción del Material de Requerimiento.....	39
3.8.1. Materiales de escritorio .....	39
3.8.2. Herramientas .....	40
3.8.3. Maquinaria y equipos .....	40
3.8.4. Material de limpieza y desinfección.....	40
3.8.5. Material Biológico.....	40
3.9. Detalle del Trabajo de Investigación que se va ejecutar.....	41
3.9.1. Variables a evaluar .....	41
3.9.2. Establecimiento de semillero.....	42
3.9.3. Preparación del sistema .....	43
3.9.4. Control de malezas .....	43
3.9.5. Trasplante .....	44
3.9.6. Riego .....	44
3.9.7. Manejo fitosanitario .....	44

3.9.8. Cosecha .....	45
3.10. Plan de Procesamiento de la Información .....	45
CAPITULO IV	
RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	
4.1. Resultado.....	47
4.1.1. Número de frutos por planta.....	47
4.1.2. Tamaño del fruto .....	48
4.1.3. Peso del fruto.....	50
4.1.4. Edad del cultivo a la cosecha .....	51
4.2. Discusión.....	52
CAPITULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1. Conclusiones .....	56
5.2.Recomendaciones .....	56
BIBLIOGRAFÍA .....	58
ANEXOS .....	61

## Indice de Tabla

<i>Tabla 1: Composición por 100 gramos de porción comestible .....</i>	10
<i>Tabla 2: Producción mundial del pepino .....</i>	13
<i>Tabla 3: Taxonomía del Pepino .....</i>	16
<i>Tabla 4: Numero de frutos por planta.....</i>	47
<i>Tabla 5: Peso del Fruto.....</i>	50
<i>Tabla 6: Edad del cultivo a la cosecha .....</i>	52

## Indice de Figura

<i>Figura 1: Ubicación del proyecto</i> .....	37
<i>Figura 2: Diseño experimental</i> .....	39
<i>Figura 3: Numero de Frutos por planta</i> .....	47
Figura 4: Tamaño de frutos .....	48
<i>Figura 5: Peso del fruto</i> .....	50
<i>Figura 6: Edad del cultivo a la cosecha</i> .....	51

## Resumen

La presente investigación se llevó a cabo en el municipio de El Sena, departamento de Pando, en la región amazónica de Bolivia, con el objetivo de evaluar el rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) utilizando un sistema hidropónico con la técnica de raíz flotante. Esta alternativa tecnológica surge como respuesta a los desafíos de la agricultura tradicional en la zona, marcada por limitaciones en el manejo del suelo, enfermedades y baja eficiencia en el uso del agua.

El sistema fue instalado en la casa hidropónica “El Edén”, donde se realizó un seguimiento riguroso de variables productivas clave: número de frutos por planta, tamaño y peso del fruto, y edad de cosecha. Los resultados fueron positivos: se obtuvo un promedio de 8.8 frutos por planta con un total de 364 frutos, un tamaño promedio de 21.1 cm, un peso promedio por fruto de 230.6 g, y una edad promedio de cosecha de 35.7 días. Estos valores superan ampliamente los promedios del cultivo tradicional, demostrando que la hidroponía permite una mayor eficiencia en el desarrollo vegetal, mejora la calidad comercial del fruto y reduce el tiempo hasta la cosecha.

El estudio concluye que el sistema de raíz flotante representa una opción productiva sostenible para la región, con potencial de ser replicado por productores locales para diversificar y fortalecer su producción hortícola, optimizando recursos y cuidando el ambiente.

*Palabras clave:* Hidroponía, pepino, raíz flotante, productividad, rendimiento, El Sena, cultivo sin suelo, Amazonía.

**Abstract**

This research was conducted in the municipality of El Sena, department of Pando, in the Amazon region of Bolivia. The objective was to evaluate the yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) crops using a hydroponic system with the floating root technique. This technological alternative emerged as a response to the challenges of traditional agriculture in the area, characterized by limitations in soil management, disease, and low water use efficiency.

The system was installed in the hydroponic house "El Edén," where key production variables were rigorously monitored: number of fruits per plant, fruit size and weight, and harvest age. The results were positive: an average of 8.8 fruits per plant with a total of 364 fruits, an average size of 21.1 cm, an average weight per fruit of 230.6 g, and an average harvest age of 35.7 days. These values far exceed the averages for traditional cultivation, demonstrating that hydroponics allows for greater efficiency in plant development, improves the commercial quality of the fruit, and reduces the time to harvest.

The study concludes that the floating root system represents a sustainable production option for the region, with the potential to be replicated by local producers to diversify and strengthen their horticultural production, optimizing resources and protecting the environment.

*Keywords:* Hydroponics, cucumber, floating root, productivity, yield, Sena River, soilless cultivation, Amazon.

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES**

## 1.1. Introducción

El municipio de El Sena, ubicado en el departamento de Pando, en plena región amazónica de Bolivia, cuenta con un entorno natural privilegiado por su clima cálido y suelos fértiles. Sin embargo, pese a estas condiciones favorables, la producción agrícola tradicional aún enfrenta desafíos importantes relacionados con el uso ineficiente del agua, la degradación del suelo y la baja productividad de algunos cultivos. En este contexto, el desarrollo de tecnologías sostenibles y adaptadas al medio, como los sistemas hidropónicos, representa una alternativa viable para mejorar la producción local de alimentos de manera más eficiente y amigable con el ambiente.

En particular, el cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*), una hortaliza de creciente demanda en la región, ha demostrado buen comportamiento en sistemas no convencionales de producción. La técnica de raíz flotante, dentro de los sistemas hidropónicos, permite un manejo más controlado de las variables de cultivo, lo que puede traducirse en frutos de mejor calidad y mayor rendimiento. Este tipo de innovación es especialmente relevante para zonas como El Sena, donde se busca diversificar la producción agrícola y aprovechar los recursos naturales de forma más racional.

Con base en esta realidad, la presente investigación plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo influye el sistema hidropónico de raíz flotante en la productividad del cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*), considerando los índices productivos?

Para dar respuesta a esta interrogante, se planteó como objetivo general determinar los índices productivos del cultivo de pepino en un sistema hidropónico con la técnica de raíz flotante, en la casa hidropónica El Edén, municipio de El Sena, durante la gestión 2024. Entre

los objetivos específicos se incluyó diseñar e instalar el sistema hidropónico considerando las condiciones locales, cuantificar el número promedio de frutos por planta, evaluar sus características morfométricas (tamaño y peso), y analizar la edad de cosecha para establecer comparaciones con parámetros de productividad del cultivo tradicional.

La hipótesis que guía este trabajo sostiene que la implementación de un sistema de cultivo hidropónico de pepino incrementa la productividad y mejora la calidad del producto en comparación con el cultivo tradicional. De confirmarse esta hipótesis, la presente investigación no solo ofrecerá datos relevantes sobre la viabilidad de la técnica, sino que también aportará una propuesta práctica para fortalecer la soberanía alimentaria en la región y abrir nuevas oportunidades para los pequeños productores del municipio de El Sena.

## **1.2. Planteamiento Del Problema**

### ***1.2.1. Descripción problema***

La región amazónica, pese a ser una de las zonas geográficamente más ricas en biodiversidad y recursos naturales, enfrenta profundas contradicciones en materia de desarrollo humano y seguridad alimentaria. Amplias zonas rurales y semiurbanas del territorio amazónico, especialmente aquellas alejadas de los centros logísticos o con difícil acceso por vía terrestre, presentan limitaciones estructurales que impactan negativamente en la producción, distribución y disponibilidad de alimentos frescos y nutritivos para las familias. A esto se suman factores socioeconómicos como el desempleo, la pobreza, la limitada tecnificación agrícola y la dependencia de alimentos provenientes de otras regiones o incluso del exterior.

La dieta de muchas comunidades amazónicas ha comenzado a deteriorarse debido a la baja oferta de productos hortícolas frescos, lo cual se refleja en una creciente dependencia de alimentos ultra procesados, enlatados y con escaso valor nutricional. Esta situación no solo compromete la salud de la población, especialmente de niños y adultos mayores, sino que también genera una vulnerabilidad estructural frente a eventos climáticos extremos, interrupciones en la cadena de suministro o aumentos en los precios de los alimentos. El acceso estable y sostenible a productos hortícolas como el pepino, el tomate, el cilantro o el cebollín que son alimentos básicos para una alimentación equilibrada se ha convertido en un desafío persistente.

El pepino, en particular, representa un cultivo de alta demanda por su aporte nutricional, su versatilidad en la dieta diaria y su capacidad de cultivo en ciclos relativamente cortos. Sin embargo, su producción a campo abierto en la región amazónica se ve limitada por factores como la alta humedad, la acidez de los suelos, la proliferación de plagas y enfermedades, así como la falta de infraestructura agrícola adecuada. Bajo estas condiciones, resulta cada vez más necesario explorar formas alternativas de producción que no dependan directamente del suelo, que optimicen el uso del agua y que puedan adaptarse a espacios reducidos, como los patios familiares, unidades comunitarias o ambientes semicontrolados.

En este contexto, la agricultura hidropónica, particularmente el sistema de raíz flotante, surge como una alternativa viable, accesible y escalable para responder a la necesidad urgente de diversificar la producción de alimentos a nivel local. Este sistema permite cultivar hortalizas sin necesidad de suelo, utilizando soluciones nutritivas y estructuras flotantes que se pueden instalar en espacios pequeños y bajo techos rústicos o invernaderos sencillos. La hidroponía no solo reduce el uso de agua en comparación con los sistemas tradicionales, sino

que también disminuye la dependencia de insumos químicos y promueve la producción libre de agroquímicos, haciendo posible el acceso a alimentos frescos y saludables directamente en el entorno familiar o comunitario.

A pesar del potencial que ofrece la hidroponía, su adopción en la región amazónica aún es limitada, en gran parte por la falta de información técnica adaptada al contexto local, la escasa experiencia práctica entre los agricultores familiares y la ausencia de estudios que validen su efectividad en cultivos específicos como el pepino. Es fundamental desarrollar investigaciones que evalúen el comportamiento agronómico de este tipo de cultivos en sistemas hidropónicos y que generen datos confiables que sirvan como base para formular políticas públicas, capacitaciones técnicas y proyectos comunitarios enfocados en mejorar la autosuficiencia alimentaria de las familias amazónicas.

### ***1.2.2. Formulación del problema***

¿Cómo el sistema hidropónico de raíz flotante influye en la productividad del cultivo de pepino (*Cucumis Sativus L.*), considerando los índices productivos?

## **1.3. Objetivos**

### ***1.3.1. Objetivo general***

Determinar los índices productivos del cultivo de pepino (*Cucumis Sativus L.*) en un sistema hidropónico con la técnica de raíz flotante, en la casa hidropónica El Edén municipio El Sena gestión 2024

### ***1.3.2. Objetivos Específicos***

- Diseñar e instalar un sistema hidropónico de raíz flotante para el cultivo de pepino, considerando las condiciones locales y disponibilidad de recursos.
- Determinar el número promedio de frutos por planta de pepino cultivadas en sistema hidropónico con la técnica de raíz flotante.
- Evaluar las características morfométricas de los frutos (tamaño y peso) y la edad de cosecha para establecer su compatibilidad con los parámetros de productividad
- Evaluar el impacto del sistema hidropónico en la productividad, en comparación con el cultivo tradicional.

### **1.4. Justificación**

El municipio de El Sena, ubicado en el departamento de Pando, forma parte del corazón de la Amazonía boliviana, una región caracterizada por su inmensa riqueza ecológica, su diversidad cultural y su invaluable potencial natural. No obstante, pese a estas condiciones aparentemente favorables, las familias que habitan esta zona enfrentan múltiples limitaciones estructurales que afectan directamente su calidad de vida seguridad, especialmente en lo que respecta a la alimentaria y al acceso estable a productos frescos y nutritivos. El aislamiento geográfico, las deficientes vías de comunicación, la escasa tecnificación agrícola y la baja disponibilidad de suelos aptos para el cultivo intensivo son solo algunos de los factores que inciden en la persistente vulnerabilidad alimentaria de esta región.

En El Sena, al igual que en muchas otras comunidades amazónicas de Bolivia y países vecinos como Perú y Brasil, la población depende en gran medida de productos que llegan desde zonas más industrializadas, como Cobija, Riberalta o incluso del exterior, lo que incrementa el costo de los alimentos y limita su frescura y calidad nutricional. Esta dependencia se hace aún más crítica en épocas de lluvias, cuando muchas rutas se vuelven intransitables, cortando el suministro regular y dejando a las familias expuestas a la escasez. Frente a este escenario, surge una necesidad urgente de fortalecer la producción local de alimentos, especialmente hortalizas, mediante sistemas que se adaptan a las condiciones de la región, que no requieran grandes extensiones de terreno ni recursos escasos como fertilizantes químicos, y que puedan implementarse en espacios reducidos, incluso dentro de los patios familiares.

La hidroponía, en particular el sistema de raíz flotante, ofrece una respuesta viable y prometedora a esta problemática. Se trata de una técnica de cultivo sin suelo que permite producir hortalizas de manera intensiva, controlada y eficiente, utilizando soluciones nutritivas que aportan directamente los minerales esenciales a las plantas. Este sistema requiere menos agua que los métodos convencionales y no depende de la fertilidad del suelo, lo cual lo convierte en una alternativa ideal para regiones como El Sena, donde los suelos suelen ser ácidos, poco profundos y susceptibles a la erosión. Además, su implementación puede ser escalada desde un nivel familiar hasta uno comunitario, lo que lo hace adaptable a diferentes realidades sociales y económicas.

Cultivos como el pepino (*Cucumis Sativus L.*) tiene una alta demanda en la dieta amazónica por su frescura, valor nutritivo e hidratante y se pueden desarrollarse con éxito en sistemas hidropónicos, ofreciendo cosechas rápidas, con mayor sanidad vegetal y con menor

impacto ambiental. La posibilidad de cosechar en ciclos cortos y de manera más continua permite mejorar la disponibilidad de alimentos frescos durante todo el año, reduciendo la dependencia de mercados externos y contribuyendo a una alimentación más equilibrada y estable para las familias.

Desde una perspectiva humana, este tipo de iniciativas no solo aportan a la producción de alimentos, sino que también promueven la autonomía, el conocimiento técnico y el empoderamiento de comunidades que históricamente han sido marginadas del acceso a tecnologías agrícolas. En El Sena, muchas familias ya demuestran un fuerte arraigo por la tierra y una voluntad de innovar, especialmente cuando las soluciones les permiten mejorar su economía sin comprometer el medioambiente. La hidroponía, al ser una práctica limpia, eficiente y educativa, también se convierte en una herramienta poderosa para fomentar la participación de jóvenes, mujeres y adultos mayores, quienes muchas veces no pueden incorporarse a los trabajos agrícolas tradicionales por sus exigencias físicas o tecnológicas.

Esta investigación se justifica, entonces, no solo por su contribución técnica al conocimiento del cultivo de pepino en sistemas alternativos, sino también por su dimensión social y transformadora. Estudiar, adaptar y validar el sistema hidropónico de raíz flotante en el contexto específico del municipio de El Sena representa un paso importante hacia la construcción de modelos agrícolas resilientes, sostenibles y replicables en otras comunidades amazónicas con características similares. A través de este proyecto, se busca generar evidencia concreta que demuestre la viabilidad de producir alimentos frescos en condiciones adversas, fortaleciendo así la soberanía alimentaria local.

Asimismo, esta experiencia puede servir como base para la formulación de políticas públicas de desarrollo rural sostenible, la implementación de proyectos de agricultura urbana y

periurbana, y la promoción de estrategias comunitarias de producción de alimentos que responden directamente a las necesidades de las familias amazónicas. Conocimiento como este, generado desde el territorio y para el territorio, es esencial para romper con los ciclos de dependencia, exclusión y pobreza que afectan a muchas regiones del país.

En resumen, la presente investigación se justifica por su pertinencia, su aplicabilidad y su potencial de impacto directo en la vida de las familias de El Sena y otras regiones amazónicas. Es una propuesta que combina ciencia, sostenibilidad y compromiso social, con la firme intención de sembrar soluciones donde antes solo había limitaciones.

### **1.5. Hipótesis**

La implementación de un sistema de cultivo hidropónico de pepino incrementará la productividad y mejorará la calidad del producto en comparación con el cultivo tradicional.

**CAPITULO II**

**SUSTENTACION**

**TEORICA**

## **2.1. Revisión Bibliográfica Del Pepino**

### ***2.1.1. Importancia del cultivo***

El cultivo del pepino (*Cucumis sativus L.*) es considerado una planta de gran importancia económica por su elevado índice de consumo, pues sirve tanto de alimento fresco como industrializado. Para varias regiones del mundo, es considerado una especie cuyo valor agronómico reside en su producción estacional, por lo cual necesita desarrollarse principalmente como cultivo protegido. Es uno de los cultivos hortícolas de mayor consumo a nivel mundial por su valor nutricional de alto potencial económico. Es un producto de exportación que se cultiva y consume en muchas regiones del mundo. (Fernández, 2021)

Hoy en día la producción de este cultivo está ganando importancia debido a la difusión de la conciencia entre los consumidores con respecto a sus propiedades medicinales. Esto, unido a una demanda elevada, con un mayor rendimiento e ingresos en un corto periodo de tiempo, hace más atractivo el interés de más agricultores por cultivarlo.

El pepino es un cultivo altamente rentable, ha alcanzado gran importancia porque se encuentra dentro de las hortalizas de mayor consumo per cápita como hortaliza de mesa. Se utiliza para consumo en comidas, para obtención de aceite de las semillas y actualmente, para su uso en productos de belleza como jabones y cremas corporales gracias a su riqueza en agua, vitamina E y aceites naturales, constituye uno de los mejores remedios para el cuidado extremo de la piel.

El pepino es una hortaliza de bajo aporte calórico debido a su reducido contenido en hidratos de carbono, en comparación con otras hortalizas, y a su elevado contenido de agua.

De acuerdo con la Guía práctica de verduras de Consumer Eroski, el pepino aporta fibra, pequeñas cantidades de vitamina C, provitamina A y de vitamina E, y, en proporciones aún menores, vitaminas del grupo B tales como folatos, B1, B2 y B3. En su piel se encuentran pequeñas cantidades de beta-caroteno. (BLOG, 2021)

Actualmente el aporte de nutrientes puede realizarse en función de las cosechas del cultivo, que dependerá del ambiente en que este se desarrolla (tipo de suelo, condiciones climáticas, calidad del agua de riego), o sobre la base de una solución nutritiva ideal a la que se ajustarán los aportes previo análisis de agua. Este último método se emplea en cultivos hidropónicos y para poder usarlos en suelo o en enarenado (Rodríguez-Fernández, 2021)

**Tabla 1:** Composición por 100 gramos de porción comestible

**Composición por 100 gramos de porción comestible**

mcg = microgramos (millonésima parte de un gramo)

Energía (Kcal)	12
Agua (ml)	97
Proteínas (g)	0.7
Hidratos carbono (g)	1.9
Fibra (g)	0.5
Potasio (mg)	140
Fósforo (mg)	20
Magnesio (mg)	9
Folatos (mcg)	13
Vitamina C (mg)	6

Fuente: <https://verduras.consumer.es/pepino/introduccion>

### ***2.1.2. Producción de pepino a nivel mundial***

La producción mundial de pepino fue de 91,258,272 toneladas, obtenidas en una superficie cosechada de 2,261,318 hectáreas, por lo que el rendimiento promedio quedó en 40.4 toneladas por hectárea, según la información presentada en FAOSTAT para el año 2020.

Entonces, se produjeron 91,258,272 toneladas, por lo que se tuvo una variación de 3.7% con respecto a las 87,976,103 toneladas de 2019; además, el promedio de la variación interanual para el período 2011-2020 fue de 3.9%, comparado con el 5.2% que se tuvo entre 2001-2010.

Para el caso de la superficie cosechada, se pasó de 2,210,939 a 2,261,318 toneladas de 2019 a 2020, por lo que la variación interanual fue de 2.3%, mientras que en cuanto al rendimiento, ha pasado de 19.5 a 40.4 toneladas por hectárea entre 2001 y 2020, respectivamente.

En 2020 China, Continental fue el principal productor de pepino en el mundo con 72,779,781 toneladas (79.8%), seguido por Turquía con 1,926,883 toneladas (2.1%) y Federación de Rusia con 1,686,976 toneladas (1.8%), por lo que estas 3 naciones representaron el 83.7% de la producción mundial.

Además, China, Continental (1,278,152 hectáreas), Camerún (347,191 hectáreas) y Ucrania (54,100 hectáreas) fueron los países con mayor superficie cosechada, con el 56.5%, 15.4% y 2.4% del total mundial, respectivamente, teniendo en conjunto el 74.3% de la superficie mundial de este cultivo.

Mientras tanto, Países Bajos, Islandia y Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte fueron los países con el mayor rendimiento promedio, con 705.2, 602.7 y 531.0

toneladas por hectárea, respectivamente, por lo que superaron en 1,647.4%, 1,393.4% y 1,215.8% el rendimiento promedio mundial, que fue de 40.4 toneladas por hectárea. (AGRICULTURA, 2024)

*Tabla 2: Producción mundial del pepino*

<b>Producción mundial de pepino. 2021</b>				
		<b>Toneladas</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>Kilos/m2</b>
<b>China</b>	<b>1</b>	<b>75.547.733</b>	<b>1.290.500</b>	<b>5,85</b>
<b>Turquía</b>	<b>2</b>	<b>1.890.160</b>	<b>25.930</b>	<b>7,29</b>
<b>Rusia</b>	<b>3</b>	<b>1.648.639</b>	<b>38.957</b>	<b>4,23</b>
<b>Ucrania</b>	<b>4</b>	<b>1.079.960</b>	<b>53.300</b>	<b>2,03</b>
<b>México</b>	<b>5</b>	<b>1.038.999</b>	<b>18.102</b>	<b>5,74</b>
<b>Uzbekistán</b>	<b>6</b>	<b>890.433</b>	<b>25.616</b>	<b>3,48</b>
<b>España</b>	<b>7</b>	<b>745.910</b>	<b>7.720</b>	<b>9,66</b>
<b>EE.UU.</b>	<b>8</b>	<b>652.720</b>	<b>36.624</b>	<b>1,78</b>
<b>Kazajstán</b>	<b>9</b>	<b>582.135</b>	<b>23.191</b>	<b>2,51</b>
<b>Japón</b>	<b>10</b>	<b>525.093</b>	<b>9.970</b>	<b>5,27</b>
<b>Irán</b>	<b>11</b>	<b>483.092</b>	<b>18.317</b>	<b>2,64</b>
<b>Polonia</b>	<b>12</b>	<b>473.000</b>	<b>9.200</b>	<b>5,14</b>
<b>Indonesia</b>	<b>13</b>	<b>471.941</b>	<b>43.201</b>	<b>1,09</b>
<b>Países Bajos</b>	<b>14</b>	<b>440.440</b>	<b>690</b>	<b>63,83</b>
<b>Egipto</b>	<b>15</b>	<b>433.441</b>	<b>19.702</b>	<b>2,20</b>
<b>Sudán</b>	<b>16</b>	<b>331.403</b>	<b>21.063</b>	<b>1,57</b>
<b>Corea del Sur</b>	<b>17</b>	<b>331.051</b>	<b>4.740</b>	<b>6,98</b>
<b>Tayikistán</b>	<b>18</b>	<b>279.983</b>	<b>8.509</b>	<b>3,29</b>
<b>Camerún</b>	<b>19</b>	<b>258.773</b>	<b>277.387</b>	<b>0,09</b>
<b>Azerbaiyán</b>	<b>20</b>	<b>245.847</b>	<b>11.489</b>	<b>2,14</b>
<b>Otros</b>		<b>5.178.045</b>	<b>227.985</b>	<b>2,27</b>
<b>Total</b>		<b>93.528.796</b>	<b>2.172.193</b>	<b>4,31</b>

Fuente: FAO. Elaboración: Hortoinfo.

### *2.1.3. Producción de pepino a nivel Bolivia*

En Bolivia, la producción agrícola está distribuida principalmente en varias regiones que tienen condiciones climáticas y geográficas favorables para diferentes tipos de cultivos. En cuanto a la producción de pepino (*Cucumis sativus*), los departamentos que destacan son:

Santa Cruz: Es el departamento líder en la producción agrícola del país, y una gran cantidad de frutas y hortalizas, incluyendo el pepino, se cultivan en esta región debido a su

clima tropical y subtropical. La producción de pepino es favorecida por las condiciones climáticas cálidas y húmedas, ideales para el cultivo de hortalizas.

Cochabamba: En este departamento se encuentra el Valle Central, que es conocido por su producción agrícola diversificada. Cochabamba es reconocida por sus valles fértiles que permiten la producción de hortalizas como el pepino, tanto para el consumo interno como para la exportación.

La Paz: Aunque la agricultura en La Paz está limitada por la altitud en muchas áreas, las zonas más bajas, como los Yungas, tienen un clima adecuado para el cultivo de hortalizas. En estas áreas más cálidas, se producen algunas cantidades de pepino, aunque en menor escala en comparación con Santa Cruz y Cochabamba.

En términos de exportación, Santa Cruz juega un rol fundamental debido a su infraestructura y acceso a mercados internacionales. Sin embargo, gran parte de la producción de pepino en Bolivia está destinada al mercado interno, donde es un ingrediente importante en la cocina local.

Estos departamentos aprovechan sus condiciones agroclimáticas para mantener una producción significativa de pepino, tanto para el consumo interno como para posibles mercados de exportación en Sudamérica.

#### ***2.1.4. Cultivo de pepino origen***

El pepino es originario de las regiones tropicales del sur de Asia, siendo cultivado en la India desde hace más de 3.000 años. De la india se extiende a Grecia y de ahí a Roma y posteriormente se introdujo en China. El cultivo de pepino fue introducido por los romanos en otras partes de Europa; aparecen registros de este cultivo en Francia en el siglo IX, en

Inglaterra en el siglo XIV y en Norteamérica a mediados del siglo XVI, ya que Cristóbal Colón llevo semillas a América el primer híbrido apareció en 1872. (Infoagro, 2024)

El pepino es originario de las regiones tropicales del sur de Asia, siendo cultivado en la India desde hace más de 3.000 años.

De la India se extiende a Grecia y de ahí a Roma y posteriormente se introdujo en China. El cultivo de pepino fue introducido por los romanos en otras partes de Europa; aparecen registros de este cultivo en Francia en el siglo IX, en Inglaterra en el siglo XIV y en Norteamérica a mediados del siglo XVI, ya que Cristóbal Colón llevó semillas a América. registros de este cultivo en Francia en el siglo IX, en Inglaterra en el siglo XIV y en Norteamérica a mediados del siglo XVI, ya que Cristóbal Colón llevó semillas a América. (INFOAGRO.COM, 2024)

#### ***2.1.5. Taxonomía y morfología del pepino***

El pepino, conocido científicamente como (*Cucumis sativus*) , es una planta herbácea que pertenece a la familia de las Cucurbitáceas.

**Tabla 3: Taxonomía del Pepino**

<b>Categoría</b>	<b>Clasificación</b>
<b>Reino</b>	Plantas
<b>División</b>	Magnoliófitas
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Violales
<b>Familia</b>	Cucurbitáceas
<b>Género</b>	Pepino
<b>Especie</b>	<i>Cucurbita</i> <i>sativus</i> L.

---

**Fuente:** Elaboración propia

El pepino es una planta anual y monoica, lo que significa que posee flores masculinas y femeninas en el mismo individuo. Su tallo es rastrero y ramificado, con hojas delgadas y flores que varían en forma y tamaño. El fruto, conocido como pepino, es generalmente oblongo y de color verde cuando está inmaduro, cambiando a un tono amarillento al madurar. (enciclopedia, 2024)

### **2.1.6. Característica botánica del cultivo**

#### **2.1.6.1. Planta**

Las plantas de pepinillo producen las flores en los nudos o axilas de las hojas, primero aparecen las flores masculinas y como 10 días después aparecen las primeras flores femeninas, alternándose posteriormente ambos tipos. Las flores masculinas se presentan en grupos (de tres a cinco) y las flores femeninas usualmente solitarias. En la base de la flor femenina se puede observar el ovario, el cual tiene la forma de una pequeña fruta que se desarrollará luego de ser polinizada. Las flores, con pétalos de color amarillo, tienen de 1 a 1 ½ pulgada de diámetro, con los lóbulos de la corola agudos. (Prof. Guillermo J. Fornaris, 2001)

#### **2.1.6.2. Semilla**

La semilla del pepino son el resultado de los óvulos fecundados y maduros en el fruto, su forma es ovalada de color blanco amarillento, con un tamaño es de 8 a 10 mm de longitud con grosor de 3 a 5 mm, está protegida por una cubierta dura compuestas de tegumentos, sustancias nutritivas y del embrión que es importante para que se desarrolle la nueva planta. La cantidad de semillas, así como su peso depende de la variedad de pepino. Se estima que por gramo hay de 30 a 45 semillas. El poder germinativo de las semillas dura aproximadamente cinco años, pero esto depende principalmente de las condiciones de conservación y preservación. Para la siembra es preferible semillas que no hayan rebasado los 2-3 años. La germinación tiene lugar a los 2 a 5 días en lugares protegidos y semilleros de arena, y algunos días más si es al aire libre.

### **2.1.6.3. Sistema radicular**

El sistema radicular del pepino (*Cucumis sativus*) es notable por su extensividad y adaptabilidad, lo que contribuye significativamente a la salud y productividad de la planta.

Es muy potente, dada la gran productividad de esta planta y consta de raíz principal, que se ramifica rápidamente para dar raíces secundarias superficiales muy finas, alargadas y de color blanco. El pepino posee la facultad de emitir raíces adventicias por encima del cuello. (pepino, 2005)

El sistema radicular consiste en una fuerte raíz principal que alcanza de 1.0-1.20 metros de largo, ramificándose en todas las direcciones principalmente entre los primeros 25 a 30 centímetros del suelo. El pepino posee la facultad de emitir raíces adventicias por encima del cuello. (CULTIVO DE PEPINO, 2024)

### **2.1.6.4 Tallo**

Anguloso y espinoso, de porte rastrero y trepador y con zarcillos, con un eje principal que da origen a varias ramas laterales principalmente en la base, entre los 20 y 30 primeros centímetros. Son trepadores, llegando a alcanzar de longitud hasta 3.5 metros en condiciones normales. (CULTIVO DE PEPINO, 2024)

### **2.1.6.5 Hojas**

Las hojas son pecioladas, con pecíolo largo y hendido, grandes, palminervias, acorazonadas, opuestas a los zarcillos, simples, alternas, de limbo lobulado, divididas en 3 o 4 lóbulos más o menos pronunciados, siempre el central más puntiagudo, dependiendo de la variedad, y que a veces no se aprecian notablemente. Los bordes están suavemente dentados,

recubiertas de una velloidad fina, de tacto áspero sobre todo en hojas viejas y con nervios muy pronunciados.

Las hojas de pepino se desarrollan en cada nudo del tallo junto a los zarcillos que son los que ayudan a sostener a la planta mientras esta crece y da sus frutos, son de color verde claro cuando son jóvenes y de tono algo más oscuro y más quebradizas las más bajas de la planta, y las que son más afectadas por las plagas y enfermedades, principalmente por la mosca minadora.

#### **2.1.6.6 Flores**

Es una planta monoica, dos sexos en la misma planta, de polinización cruzada. Algunas variedades presentan flores hermafroditas. Las flores se sitúan en las axilas de las hojas en racimos y sus pétalos son de color amarillo. Estos tres tipos de flores ocurren en diferentes proporciones, dependiendo del cultivar. Al inicio de la floración, normalmente se presentan sólo flores masculinas; a continuación, en la parte media de la planta están en igual proporción, flores masculinas y femeninas y en la parte superior de la planta existen predominantemente flores femeninas. En líneas generales, los días cortos, temperaturas bajas y suficiente agua, inducen la formación de mayor número de flores femeninas y los días largos, altas temperaturas, sequía, llevan a la formación de flores masculinas.

La polinización se efectúa a nivel de campo principalmente a través de insectos (abejas). En los cultivares híbridos de tendencia ginoica, al haber cruce por abejas, pero insuficiente polinización, se producen deformaciones de los frutos, volviéndose no comercializables. (CULTIVO DE PEPINO, 2024)

### **2.1.6.7. Fruto**

Pepónide áspero o liso, dependiendo de la variedad, que cambia desde un color verde claro, pasando por un verde oscuro hasta alcanzar un color amarillento cuando está totalmente maduro, aunque su recolección se realiza antes de su madurez fisiológica. La pulpa es acuosa, de color blanquecino, con semillas en su interior repartidas a lo largo del fruto. Dichas semillas se presentan en cantidad variable y son ovales, algo aplastadas y de color blanco-amarillento., alargado, mide aproximadamente entre 15 y 35 cm de longitud. Además, es un fruto carnoso, más o menos cilíndrico, exteriormente de color verde, amarillo o blanco e interiormente de carne blanca.

Contiene numerosas semillas ovaladas de color blanco amarillento. En estadios jóvenes, los frutos presentan en su superficie espinas de color blanco o negro. (CULTIVO DE PEPINO, 2024)

### **2.1.7. Hidroponía**

La hidroponía, se ha desarrollado con una mayor velocidad a partir de experimentos para determinar los elementos que intervienen en el crecimiento de las plantas. Los primeros trabajos formales sobre este sistema de producción comenzaron en fechas cercanas al año 1600. No obstante, el crecimiento de las plantas sin suelo es conocido desde la antigua babilonia, en los famosos jardines colgantes, los cuales se alimentaban del agua que corría por medio de canales. Asimismo, hace más de 1000 años ya se practicaba la hidroponía en China, India y Egipto (orillas del río Nilo), misma que se realizaba mediante esquemas rústicos (HIDROPÓNIA: CULTIVO SIN SUELO, 2025)

### **2.1.7.1 Sistema hidropónico**

La hidroponía es un método de cultivo en el que las plantas se cultivan en una solución nutritiva mineral, con o sin el uso de un sustrato.

Debido a sus ventajas, este método está ganando popularidad:

- ✓ Utiliza menos espacio
- ✓ Ahorra agua, ya que el agua se recircula y se puede reutilizar
- ✓ No hay malezas
- ✓ El ambiente de la planta está controlado
- ✓ No hay restricciones relacionadas con el suelo, como el pH y la salinidad
- ✓ Reducción de las enfermedades de las plantas

Por otro lado, el cultivo hidropónico también tiene algunas desventajas:

- ✓ Requiere un conocimiento más profundo
- ✓ Hay menos margen para los errores
- ✓ Una vez que se produjeron, las enfermedades pueden propagarse rápidamente
- ✓ Los costos iniciales son altos. (SISTEMAS HIDROPONICOS, 2024)

### **2.1.7.2. Característica de la hidroponía**

Esta técnica se presenta como una forma sencilla, limpia y de bajo costo para cultivar vegetales que crecen rápidamente y son generalmente ricos en nutrientes. Es ideal para la agricultura a pequeña escala, ya que se basa en el aprovechamiento de los recursos que las

personas ya tienen a su disposición, como materiales de desecho, espacios desaprovechados y el tiempo libre.

#### ***2.1.7.2.1. Cultivo sin suelo***

la hidroponía es un método de cultivo que no utiliza tierra. En cambio, las plantas reciben nutrientes directamente en forma de solución nutritiva.

#### ***2.1.7.2.2. Nutrientes en la solución***

Las plantas en sistemas hidropónicos reciben nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo, potasio y otros minerales, disueltos en agua. Esta solución se entrega directamente a las raíces de las plantas.

#### ***2.1.7.2.3. Oxigenación de raíces***

Las raíces de las plantas en sistemas hidropónicos necesitan oxígeno para realizar la respiración y absorber nutrientes. Por lo tanto, es crucial asegurar una adecuada oxigenación de las raíces, ya sea mediante oxigenación de la solución nutritiva o sistemas que oxigenen las raíces directamente.

#### ***2.1.7.2.4. PH controlado***

El pH de la solución nutritiva debe controlarse y ajustarse periódicamente. El pH adecuado varía para diferentes plantas, pero generalmente está en el rango de 5,5 a 6,5. Esto es vital para que las plantas absorban eficientemente los nutrientes.

#### ***2.1.7.2.5. Conductividad eléctrica (CE)***

La CE es una medida de la concentración de sales en la solución nutritiva. El seguimiento de la CE ayuda a garantizar que las plantas reciban la cantidad adecuada de

nutrientes. Altas concentraciones de nutrientes pueden provocar problemas de quemaduras en las plantas, mientras que bajas concentraciones pueden provocar deficiencias nutricionales.

#### ***2.1.7.2.6. Sistemas de Cultivo***

Existen varios sistemas hidropónicos, como el sistema NFT (Nutrient Film Technique), el sistema de goteo, cultivo en lecho de inundación, aeroponía, entre otros. Cada sistema tiene sus características y se elige en función de las necesidades de las plantas y la preferencia del agricultor.

Una de las metodologías más destacadas dentro de este enfoque es la técnica de raíz flotante. En este sistema, las plantas se cultivan en plataformas flotantes que están diseñadas para sostener el sustrato o el medio de cultivo, permitiendo que las raíces se desarrollen libremente en el agua o en una solución nutritiva. Este método evita las limitaciones del suelo convencional y promueve un crecimiento rápido y saludable, ya que las raíces tienen acceso constante al oxígeno y a los nutrientes disueltos en el agua.

El uso de sustratos en esta técnica proporciona un soporte físico para las plantas sin actuar como fuente de alimento, lo que permite un control total sobre factores críticos que afectan su desarrollo. Esto incluye la regulación de la humedad, la oxigenación y la nutrición, creando un ambiente óptimo para el crecimiento. Además, al no requerir suelo natural, se eliminan muchos de los problemas asociados con la agricultura tradicional, como la compactación del suelo, plagas y enfermedades del suelo.

#### ***2.1.7.2.7. Control ambiental***

El entorno de cultivo, incluida la temperatura y la humedad, juega un papel crucial en el éxito de la hidroponía. Mantener condiciones ambientales estables e ideales ayuda a promover el crecimiento saludable de las plantas.

#### ***2.1.7.2.8. Prevención de Enfermedades y Plagas***

Al estar controlado el ambiente, es posible implementar estrictas medidas preventivas contra enfermedades y plagas. Esto incluye el uso de prácticas de higiene, un seguimiento regular y, si es necesario, la introducción de enemigos naturales.

#### ***2.1.7.2.9. Eficiencia en el uso del agua***

Se sabe que la hidroponía es más eficiente en comparación con los métodos tradicionales de cultivo en tierra, ya que el agua se recircula en los sistemas hidropónicos. Comprender estos principios básicos es esencial para iniciar y operar un sistema hidropónico de manera exitosa. Cada uno de estos elementos contribuye al equilibrio y al éxito general del cultivo hidropónico.

#### ***2.1.8. Sistema de raíz flotante***

La hidroponía de raíz flotante es una técnica de cultivo hidropónico que se lleva a cabo utilizando un sustrato líquido. En la hidroponía de raíz flotante, las plantas se suspenden en un líquido rico en nutrientes donde se mantienen flotando, apoyadas por la fuerza de flotación. Las raíces de las plantas se sumergen en el líquido nutriente y de allí obtienen los nutrientes y el oxígeno necesarios para su crecimiento. (CULTIVOS HIDROPONICOS, 2024)

### **2.1.8.1. Beneficios del cultivo a raíz flotante**

Uno de los mayores beneficios de la hidroponía de raíz flotante es que requiere mucho menos espacio que los métodos tradicionales de producción agrícola, dado que no se necesita tierra para el cultivo. Esto también significa un ahorro significativo de agua y tiempo, ya que los líquidos nutritivos se reciclan y las plantas se riegan de manera más eficiente.

Además, los sistemas de raíz flotante en hidroponía suelen producir cultivos más saludables y fuertes, ya que las raíces están constantemente inmersas en un líquido nutritivo, libre de patógenos y plagas. Los niveles controlados de luz, oxígeno y nutrientes permiten que las plantas se desarrollen sin problemas.

Otra ventaja de los sistemas hidropónicos de raíz flotante es la rapidez con la que los cultivos crecen y alcanzan su madurez. Se estima que desde la siembra hasta la cosecha, los cultivos hidropónicos pueden alcanzar su madurez un 20% a un 50% más rápido que el cultivo de plantas en tierra. Esto significa que los productores pueden obtener un mayor rendimiento y menos tiempo en el desarrollo de cada ciclo de cultivo. (CULTIVOS HIDROPONICOS, 2024)

### ***2.1.9 Características edafológicas del cultivo de pepino***

#### **2.1.9.1 Agroclimatología**

La producción de pepino es una actividad agrícola que depende estrechamente de condiciones específicas de clima, suelo y disponibilidad de agua. Esta hortaliza, conocida científicamente como (*cucumis sativus*), encuentra en ciertas regiones del mundo el ambiente perfecto para desarrollarse de manera óptima, lo que se traduce en rendimientos altos y productos de calidad superior.

El pepino prefiere climas cálidos y húmedos, con temperaturas que oscilen entre los 15-33 °C. La planta es particularmente sensible a las heladas y al frío intenso, lo que limita su cultivo a zonas con estaciones de crecimiento definidas y libres de heladas. En cuanto al suelo, el pepino se desarrolla mejor en suelos ricos, bien drenados y con un pH entre 6 y 7. Además, una disponibilidad constante de agua es crucial para su desarrollo, especialmente durante la floración y la formación del fruto. (Blog Agricultura, 2024)

### **2.1.9.2. Luminosidad**

Este cultivo crece, florece y fructifica con normalidad hasta en días cortos (con menos de 12 horas de luz), aunque a mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción. Es aconsejable establecer el cultivo en terrenos bien soleados, ya que una alta intensidad de luz estimula la fecundación de las flores, mientras que una baja intensidad de luz, la reduce. (CULTIVO DE PEPINO, 2024)

### **2.1.9.3 Viento**

Los vientos con varias horas de duración, de más de 30 km/h de velocidad, aceleran la pérdida de agua de la planta, al bajar la humedad relativa del aire; aumentando las exigencias hídricas de la planta, reduce la fecundación por menor humedad de los estilos florales. En definitiva, provoca detención de crecimiento, reduce

la producción y acelera la senescencia de la planta, al dañar follaje, especialmente tallos y hojas. Debe cultivarse en sitios resguardados del viento, o disponer de cortinas rompe vientos. (CULTIVO DE PEPINO, 2024)

### **2.1.10 Labores culturales del cultivo de pepino**

#### **2.1.10.1 Preparación de recipientes**

La preparación adecuada de los recipientes es crucial para el éxito del cultivo de pepinos en un sistema hidropónico a raíz flotante.

- Recipientes principales.
- Tapas de plastoformo.
- Canastillas donde iran las plántulas.
- Soluciones nutritivas hidropónicas.
- Kit control de pH y nutrientes.

#### **2.1.10.2 Germinación en espuma fenólica**

El Sustrato hidropónico Espuma Fenólica ha demostrado ser un medio de cultivo sostenible y con alta capacidad de respuesta. Es un sustrato ligero, estéril, inerte y de ph balanceado. Permite la propagación y producción exitosa de plantas de toda especie, gracias a su estructura celular que equilibra con precisión aire y agua; además controla permanentemente el micro clima radicular.

La germinación de semillas de pepino (*Cucumis sativus*) en espuma fenólica representa un método eficaz para promover el desarrollo de plántulas vigorosas. Este proceso inicia con la selección de semillas de alta calidad, que se someten a un remojo en agua durante un período de tiempo específico, facilitando así la absorción de humedad necesaria para activar los mecanismos de germinación. Posteriormente, las semillas se disponen en trozos de espuma fenólica, un sustrato liviano y poroso que proporciona soporte estructural y una

adecuada retención de humedad sin riesgo de encharcamiento. Este material permite una óptima aireación y drenaje, factores críticos para el crecimiento radicular. Durante la fase de germinación, es esencial mantener la espuma fenólica en condiciones de humedad constante y en un rango térmico entre 20 y 25 °C, favoreciendo un entorno propicio para el desarrollo de las plántulas. En un lapso de 4 a 7 días, las semillas germinan, resultando en plántulas robustas y saludables, lo que establece una base sólida para un cultivo exitoso. Una vez alcanzado el tamaño adecuado, las plántulas se pueden trasplantar a recipientes con una solución nutritiva adecuada, donde continuarán su crecimiento y desarrollo. Esta técnica se destaca en la agricultura hidropónica, donde el control preciso del ambiente y la nutrición es fundamental para maximizar el rendimiento y la calidad de los cultivos.

#### **2.1.10.3 Poda**

Esta actividad se realiza con la finalidad de favorecer la precocidad y el cuajado de las flores, controlar el número y tamaño de los frutos, acelerar la madurez y facilitar la ventilación, así como la aplicación de tratamientos fitosanitarios.

Se deben de eliminar hojas cloróticas o amarillentas, que presenten daños en tonalidades pardas, necrosis o coloración negra provocada por muerte celular o algún hongo. Al eliminar este tipo de hojas, estimulamos a las plantas para un mayor desarrollo vegetativo, una buena ventilación y deseamos cualquier posible infección por esporas, bacterias y virus que pudieran contaminarlas. (Ricardo Hernández Villaseñor, 2024)

#### **2.1.10.4 Tutorado**

El tutorado es una técnica agrícola esencial que permite el crecimiento vertical de las plantas, mejorando su exposición a la luz y facilitando la ventilación. Esta práctica es

especialmente importante en cultivos como el pepino (*Cucumis sativus*), donde el soporte adecuado puede influir significativamente en la calidad y cantidad de la producción.

#### **2.1.10.5 Cosecha**

El pepino (*Cucumis sativus L.*) es un cultivo de ciclo relativamente corto que permite obtener cosechas escalonadas a lo largo de su periodo productivo. En condiciones óptimas de manejo, el tiempo de espera para la primera cosecha **suele ubicarse entre los 50 y 60 días** después del trasplante, dependiendo de factores como la variedad utilizada, el sistema de producción y las condiciones ambientales y una media de 7 a 10 frutos por planta.

#### **2.1.11 Plagas y enfermedades**

##### **2.1.11.1 Plagas**

Pulgones (*Aphididae*) Estos pequeños insectos se alimentan de la savia de las plantas, debilitándolas y transmitiendo virus fitopatógenos. Los pulgones se agrupan en colonias en el envés de las hojas, los brotes tiernos y los tallos. Pueden causar deformaciones en las hojas y retrasar el crecimiento de la planta. Además, excretan una sustancia azucarada llamada melaza, que favorece el desarrollo de hongos negros como la fumagina.

*Araña roja (Tetranychus urticae)* Este ácaro es una de las plagas más comunes en el cultivo del pepino, especialmente en condiciones de alta temperatura y baja humedad. La araña roja se alimenta succionando el contenido celular de las hojas, lo que provoca un moteado amarillo y una disminución en la fotosíntesis. Una infestación severa puede llevar a la defoliación de las plantas. Su control requiere un monitoreo constante y la aplicación de acaricidas específicos.

Mosca blanca (*Bemisia tabaci*) Esta plaga ataca tanto en campo abierto como en invernaderos. La mosca blanca se alimenta de la savia de las hojas, debilitando la planta y transmitiendo virus como el virus del rizado amarillo del tomate (TYLCV). Las larvas y adultos excretan melaza, favoreciendo también el crecimiento de fumagina. El manejo integrado de esta plaga incluye el uso de trampas cromáticas, control biológico con parasitoides y la aplicación de insecticidas.

Trips (*Frankliniella occidentalis*) Los trips son pequeños insectos que dañan las hojas, flores y frutos del pepino al raspar y succionar el contenido celular. Esto causa manchas plateadas y deformaciones en las hojas, y puede afectar la calidad de los frutos. Además, los trips son vectores de varios virus que afectan al pepino. Para controlar esta plaga se utilizan trampas adhesivas, depredadores naturales como ácaros depredadores y aplicaciones regulares de insecticidas específicos.

Minador de hojas (*Liriomyza spp*) Las larvas de estos pequeños dípteros crean galerías en las hojas al alimentarse del tejido interno, lo que reduce la capacidad fotosintética de la planta y debilita su crecimiento. Las galerías son visibles como líneas blancas serpenteantes en las hojas. Un manejo efectivo del minador de hojas incluye el uso de control biológico con parasitoides y la aplicación de insecticidas selectivos para minimizar el impacto en los enemigos naturales. (Blog Agricultura, 2024)

#### **2.1.11.2 Enfermedades**

Mildiu (*Pseudoperonospora cubensis*) Esta enfermedad fúngica es una de las más devastadoras para el pepino. Se manifiesta como manchas amarillas en las hojas que se vuelven marrones con el tiempo. En el envés de las hojas se desarrolla un moho gris oscuro.

El mildiu se propaga rápidamente en condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas. El manejo incluye el uso de variedades resistentes, la rotación de cultivos y la aplicación de fungicidas preventivos.

Oídio (*Erysiphe cichoracearum* y *Sphaerotheca fuliginea*) El oídio se presenta como un polvo blanco sobre las hojas, tallos y brotes del pepino. Esta enfermedad reduce la fotosíntesis, debilita las plantas y afecta la calidad de los frutos. Se favorece en ambientes secos con alta humedad relativa. Las estrategias de control incluyen la eliminación de restos de plantas infectadas, el uso de fungicidas específicos y la mejora de la ventilación en invernaderos.

Virus del Mosaico del Pepino (*CMV*) El CMV es transmitido por pulgones y causa manchas amarillas y mosaicos en las hojas, deformando los frutos y reduciendo su calidad. Las plantas afectadas presentan un crecimiento retardado y menor rendimiento. Para manejar esta enfermedad, se recomienda el uso de variedades resistentes, el control de pulgones y la eliminación de plantas infectadas.

Podredumbre de raíz y tallo (*Phytophthora spp.* y *Fusarium spp.*) Estas enfermedades del suelo causan la descomposición de las raíces y la base del tallo, llevando al marchitamiento y muerte de la planta. Los síntomas incluyen hojas amarillentas y el colapso de las plantas. Es crucial asegurar un buen drenaje del suelo, practicar la rotación de cultivos y utilizar fungicidas específicos para controlar estos patógenos.

Antracnosis (*Colletotrichum orbiculare*) Esta enfermedad causa manchas circulares y hundidas en las hojas, tallos y frutos. Las manchas pueden ser de color marrón a negro y suelen tener un borde más oscuro. La antracnosis se desarrolla en condiciones de alta

humedad y temperaturas cálidas. El manejo incluye el uso de semillas certificadas libres de patógenos, la eliminación de residuos de cultivos y la aplicación de fungicidas.

### ***2.1.12 Condiciones ideales para la hidroponía de pepino***

Para un crecimiento óptimo de los pepinos hidropónicos, debes mantener ciertas condiciones:

- **Temperatura:** Mantén la temperatura entre 22°C y 26°C durante el día y no menos de 18°C durante la noche.
- **Luz:** Proporciona al menos 14-16 horas de luz al día utilizando luces LED especializadas si cultivas en interiores.
- **Humedad:** Mantén la humedad relativa entre 60% y 70% para prevenir enfermedades y asegurar un buen crecimiento.
- **pH y EC:** Mantén el pH entre 5.5 y 6.5 y ajusta la EC según las necesidades de las plantas.

### ***2.1.13 Cuidados necesarios para el pepino en hidroponía***

Para asegurar que tus plantas de pepino crezcan sanas y fuertes, sigue estos cuidados:

**Monitorización constante:** Revisa diariamente los niveles de pH y nutrientes. Ajusta según sea necesario para mantener las condiciones óptimas.

**Limpieza y mantenimiento:** Mantén limpios los sistemas hidropónicos y los contenedores para prevenir la acumulación de algas y enfermedades.

Podas regulares: Retira hojas muertas y brotes innecesarios para mejorar la circulación de aire y permitir que la luz llegue a todas las partes de la planta.

**CAPITULO III**

**MARCO**

**METODOLOGICO**

### **3.1. Tipo de investigación**

El presente estudio se enmarca dentro del tipo de investigación de campo. Este enfoque se caracteriza por la recolección directa de datos en el entorno donde ocurre el fenómeno de interés, permitiendo observar, medir y analizar variables en condiciones reales. En este caso, el investigador se desplazó al área de producción hidropónica con el fin de estudiar de manera detallada el desarrollo del cultivo de pepino bajo el sistema de raíz flotante, desde su germinación hasta la etapa de cosecha. La finalidad principal es recopilar información práctica que permita interpretar técnicamente los resultados obtenidos a lo largo del proceso productivo.

### **3.2. Enfoque**

El enfoque adoptado para esta investigación es de tipo mixto, combinando elementos cualitativos y cuantitativos. Esta elección se justifica en la necesidad de realizar una ejecución experimental en condiciones reales, sustentada previamente en una revisión bibliográfica y documental, lo cual permite integrar datos numéricos con descripciones detalladas del comportamiento del cultivo.

### **3.3. Método**

Para el desarrollo de esta investigación se utilizarán tanto métodos teóricos como empíricos. Dentro de los teóricos se aplicarán el método de análisis-síntesis y el método inductivo, mientras que en la parte empírica se adoptará el método experimental, el cual permitirá validar los resultados observados durante el ciclo del cultivo de pepino en el sistema hidropónico.

### **3.4. Población y muestra**

#### ***3.4.1. Población***

La población objeto de estudio está compuesta por un sistema hidropónico de raíz flotante con dimensiones de 1 metro de largo por 40 centímetros de ancho, contando con 4 estanques que sostienen 10 plantas cada uno. Cada estanque cuenta con una distancia de siembra de 20 centímetros tanto entre surcos como entre plantas, lo cual permite albergar un total de 40 plantas de pepino.

#### ***3.4.2. Muestra***

Debido a que el número total de unidades productivas es finito y accesible, no se aplica ninguna fórmula para determinar una muestra representativa. En consecuencia, las 40 plantas cultivadas dentro del sistema serán evaluadas en su totalidad, considerando cada una como una repetición del experimento.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de investigación.**

#### ***3.5.1. Técnicas***

Observación directa: Esta técnica permitirá identificar y registrar de manera sistemática aquellos datos relevantes que se manifiestan durante las distintas fases del cultivo del pepino.

Revisión documental: Se llevará a cabo una recopilación de fuentes bibliográficas relacionadas con el cultivo de pepino en sistemas hidropónicos, utilizando como herramienta principal la ficha bibliográfica para almacenar información de libros, artículos, investigaciones previas y revistas científicas.

### **3.5.2. Instrumentos**

Hoja de registro: Se utilizará una hoja de registro o diario de campo como instrumento central para anotar las observaciones diarias, mediciones y acontecimientos importantes durante el desarrollo del cultivo. Esta herramienta facilitará la organización y posterior análisis de los datos obtenidos en la fase experimental.

## **3.6. Referencia Geográfica donde se Ejecuta la Investigación**

### **3.6.1. Ubicación del proyecto**

*Figura 1: Ubicación del proyecto*



**Nota:** Fuente Google maps

## **3.7. Diseño del módulo de experimento.**

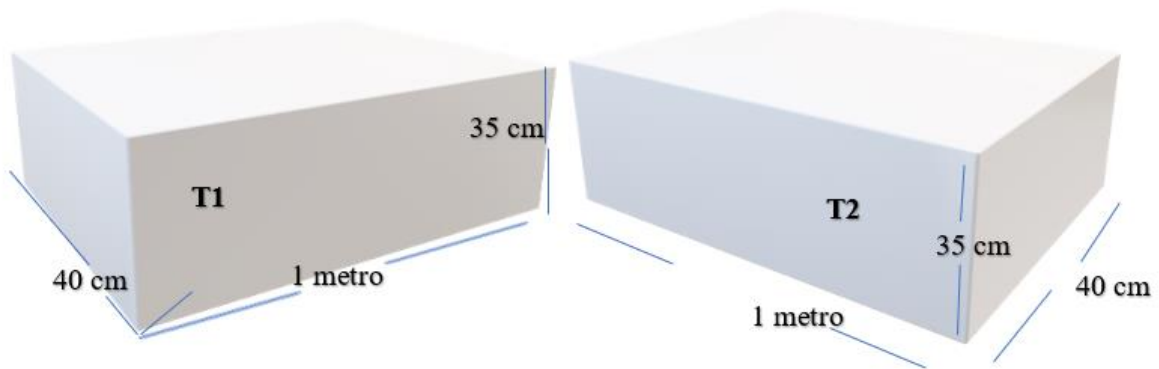
La presente investigación se estableció en la gestión del 2024 en la Unidad de producción Casa Hidropónica El Edén, ubicada en el área urbana en el municipio del Sena tercera sección de la provincia madre de Dios del departamentode Pando, posee un área de 450 metros cuadrados, está situado a una altura promedio de 200 metro sobre el nivel del mar, su

topografía es plana con una ligera ondulación cuenta con un clima tropical húmedo y cálido con una temperatura media de 25.5°centígrado.

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en un diseño de cultivo implementado en un sistema hidropónico bajo la técnica de raíz flotante, teniendo como factor de estudio el crecimiento y rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.). El objetivo fue evaluar los índices productivos de este cultivo en condiciones controladas. Para ello, se utilizó una densidad de siembra de 20 centímetros entre planta y planta y 20 centímetros entre líneas, sobre bandejas flotantes dispuestas en contenedores con solución nutritiva constantemente oxigenada.

El sistema mantiene una lámina de solución nutritiva de aproximadamente 40 cm de profundidad, renovada parcialmente cada 7 días para asegurar la disponibilidad de nutrientes esenciales. Durante todo el ciclo del cultivo, que tuvo una duración de 55 a 60 días, se aplicaron tratamientos continuos con solución nutritiva oxigenada, garantizando un contacto constante entre las raíces y el medio líquido, lo que favoreció un desarrollo vigoroso de la planta. Además, se realizaron monitoreos periódicos de parámetros físicos y químicos de la solución (pH, conductividad eléctrica y temperatura) con el fin de mantener condiciones óptimas para el crecimiento y la productividad del pepino en este sistema hidropónico.

*Figura 2: Diseño experimental*



### **3.8. Descripción del Material de Requerimiento**

#### **3.8.1. Materiales de escritorio**

- Computadora
- Impresora
- Resma (tamaño carta)
- Calculadora
- Cuaderno de apuntes
- Bolígrafos
- USB
- Libros de consulta
- Cámara fotográfica
- Marcadores

### **3.8.2. Herramientas**

- Pala
- Machete
- Martillo
- Alicata
- Alambre de amarre
- Cuchillo

### **3.8.3. Maquinaria y equipos**

- Mochila fumigadora
- Lápiz medidor de PH

### **3.8.4. Material de limpieza y desinfección**

- Hipo clorito
- Esponjas
- Recipientes plásticos
- Valde
- Agua

### **3.8.5. Material Biológico**

- Semillas de pepino (*Cucumis sativus L.*)

- Micro nutrientes.
- Nitrato de calcio.
- Nitrato de potasio.
- Quelato de magnesio.
- Nitrato de potasio
- Macro nutrientes.
- Sulfato de magnesio
- Fosfato de mono amónico
- Fosfato de mono potasio
- Espuma fenólica.

### **3.9. Detalle del Trabajo de Investigación que se va ejecutar**

#### ***3.9.1. Variables a evaluar***

Para analizar el rendimiento del cultivo de pepino, se definieron una serie de variables productivas que permiten cuantificar el comportamiento fisiológico y comercial de la planta bajo las condiciones establecidas en la investigación. Estas variables son fundamentales para valorar el potencial del sistema de producción y la calidad del producto final. A continuación, se detallan los indicadores seleccionados:

Número de frutos por planta: Esta variable permite establecer cuántos frutos fue capaz de generar cada planta durante el ciclo productivo. Es un indicador directo del rendimiento y refleja el equilibrio entre las condiciones nutricionales, el manejo agronómico y la respuesta

fisiológica de la planta. Una mayor cantidad de frutos por planta se asocia con un manejo eficiente del sistema hidropónico.

**Tamaño del fruto:** Se refiere a la longitud y diámetro promedio de los pepinos cosechados. Este dato es relevante desde el punto de vista comercial, ya que el mercado suele tener preferencias específicas en cuanto al calibre del fruto. El tamaño está influenciado por factores como la variedad utilizada, densidad de siembra, condiciones del ambiente y manejo de la solución nutritiva.

**Peso del fruto:** Esta variable cuantifica la masa promedio de cada fruto cosechado, expresada en gramos. Se considera uno de los parámetros más importantes al momento de evaluar el rendimiento total del cultivo, ya que permite calcular la producción por metro cuadrado. El peso del fruto también es un reflejo de la eficiencia del sistema de raíz flotante en la absorción de nutrientes y agua.

**Edad del cultivo a la cosecha:** Se refiere al número de días transcurridos desde la siembra hasta la etapa óptima de cosecha. Este dato es esencial para planificar ciclos de producción y evaluar la eficiencia del sistema. En el cultivo de pepino bajo condiciones hidropónicas, una cosecha anticipada o tardía puede afectar tanto la calidad del fruto como el rendimiento económico del cultivo.

### ***3.9.2. Establecimiento de semillero***

El proceso inició con la selección de semillas de pepino (*Cucumis sativus* L.) de alta calidad, preferiblemente de variedades híbridas adaptadas a condiciones de cultivo protegido e hidropónico. Las semillas fueron sembradas en bandejas de germinación utilizando esponjas fenólicas como sustrato, debido a su estructura porosa que garantiza una adecuada retención

de humedad y oxigenación radicular. Las bandejas fueron colocadas en un ambiente con temperatura controlada, alta humedad relativa y buena iluminación indirecta, lo que permitió una germinación uniforme entre los 3 a 7 días posteriores a la siembra. Este proceso fue fundamental para obtener plántulas vigorosas, con buen desarrollo radicular y aptas para el trasplante.

### ***3.9.3. Preparación del sistema***

Para la instalación del sistema de raíz flotante, se utilizaron contenedores plásticos rectangulares con una profundidad aproximada de 35 cm, los cuales fueron desinfectados previamente. Sobre cada contenedor se dispusieron bandejas flotantes de poliestireno expandido (anime) con orificios distribuidos según la densidad de siembra (20 x 20 cm). Se preparó una solución nutritiva balanceada para cultivos de pepino, ajustando el pH entre 6.5 y 7.5 y la conductividad eléctrica (CE) entre 2.0 y 2.5 mS/cm, ideal para esta especie en etapa de crecimiento activo. La oxigenación constante de la solución se aseguró mediante la instalación de bombas de aire con difusores. Este paso fue esencial para proporcionar un entorno estable y nutritivo a las raíces durante todo el ciclo de cultivo.

### ***3.9.4. Control de malezas***

El sistema hidropónico de raíz flotante elimina prácticamente la presencia de malezas, ya que no se utiliza suelo. Sin embargo, se realizaron revisiones periódicas del área de cultivo y de los canales para detectar la presencia de materia orgánica en descomposición o residuos vegetales que pudieran servir de sustrato a malezas oportunistas o fungir como focos de contaminación. Mantener el entorno limpio y libre de materiales extraños ayudó a prevenir la

aparición de plagas y enfermedades, conservando un ambiente saludable para el desarrollo del cultivo.

### ***3.9.5. Trasplante***

El trasplante de plántulas se realizó entre los 7 a 10 días después de la siembra, cuando las plantas presentaban de dos a tres hojas verdaderas y un sistema radicular bien desarrollado. Cada plántula fue colocada cuidadosamente en los orificios de las bandejas flotantes, utilizando soportes como esponjas fenólicas o pequeños cilindros de neopreno para mantenerlas erguidas sin dañar sus raíces. El procedimiento se llevó a cabo en horas de la mañana, reduciendo así el estrés térmico y favoreciendo una adaptación más rápida al sistema hidropónico.

### ***3.9.6. Riego***

En el sistema de raíz flotante, el riego es permanente, ya que las raíces están en contacto continuo con la solución nutritiva. Para garantizar un entorno favorable, se mantuvo la solución en constante oxigenación mediante aireadores, evitando la asfixia radicular. Se realizaron controles diarios del nivel de la solución, así como de sus parámetros físico-químicos (pH y CE), ajustándolos según las necesidades nutricionales del cultivo en sus diferentes etapas fenológicas. Esta estrategia permitió un suministro constante y equilibrado de agua y nutrientes.

### ***3.9.7. Manejo fitosanitario***

Se implementó un programa de monitoreo diario para detectar tempranamente signos de plagas y enfermedades, especialmente ataques de ácaros, trips y enfermedades fúngicas como el oídio. Como medida preventiva, se aplicaron insumos naturales como extracto de ajo,

canela y jabón potásico en concentraciones seguras, promoviendo un control ecológico sin generar resistencia ni afectar el entorno del cultivo. Asimismo, se mantuvieron condiciones óptimas de ventilación e iluminación dentro del invernadero, lo cual contribuyó a reducir los niveles de humedad y a prevenir la proliferación de patógenos.

### **3.9.8. Cosecha**

La cosecha del pepino se realizó entre los 40 y 55 días después del trasplante, dependiendo de la variedad y las condiciones climáticas. Se seleccionaron los frutos que presentaban un tamaño comercial óptimo, color verde uniforme, sin deformaciones ni daños mecánicos. Los frutos fueron cortados cuidadosamente con tijeras de podar, evitando el desprendimiento forzado que pudiera dañar la planta. Posteriormente, se enjuagaron con agua limpia y se empacaron en condiciones higiénicas para su comercialización, asegurando un producto fresco, saludable y de alta calidad.

### **3.10. Plan de Procesamiento de la Información**

La información obtenida durante el experimento será procesada utilizando Microsoft Excel, con el fin de garantizar un manejo eficiente, ordenado y visualmente comprensible de los datos. Las variables productivas del cultivo de pepino (número de frutos por planta, tamaño, peso y edad a la cosecha) serán organizadas en tablas dinámicas que permitan observar tendencias y comparaciones de forma clara. Se aplicará estadística descriptiva, como promedios, máximos, mínimos y variaciones estándar. Además, Excel facilitará la elaboración de gráficos comparativos para identificar posibles diferencias significativas del cultivo evaluados. Este enfoque busca mejorar la presentación de los resultados y optimizar su interpretación para la toma de decisiones técnicas.

**CAPITULO IV**

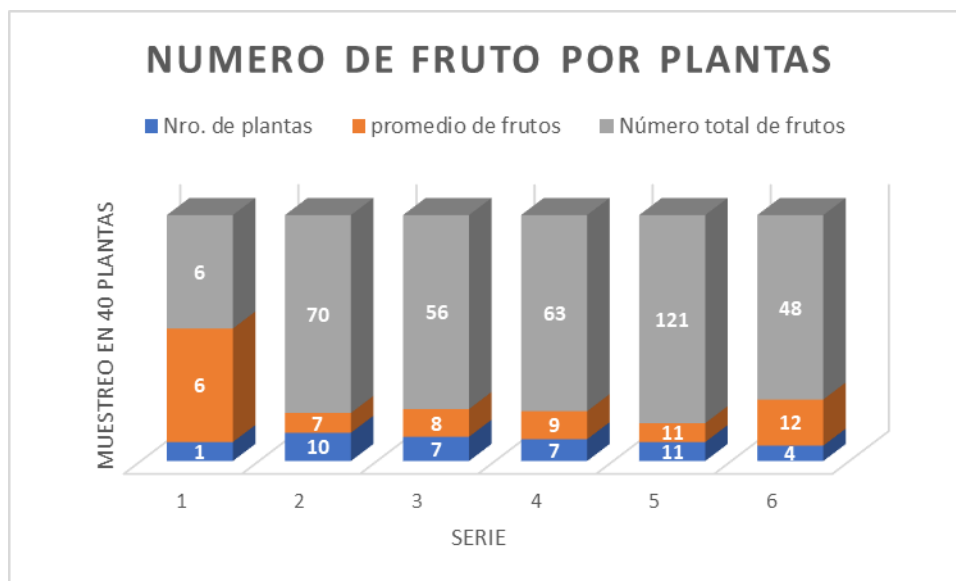
**RESULTADOS DE LA**

**INVESTIGACION**

## 4.1. Resultado

### 4.1.1. Número de frutos por planta

*Figura 3: Numero de Frutos por planta*



*Tabla 4: Numero de frutos por planta*

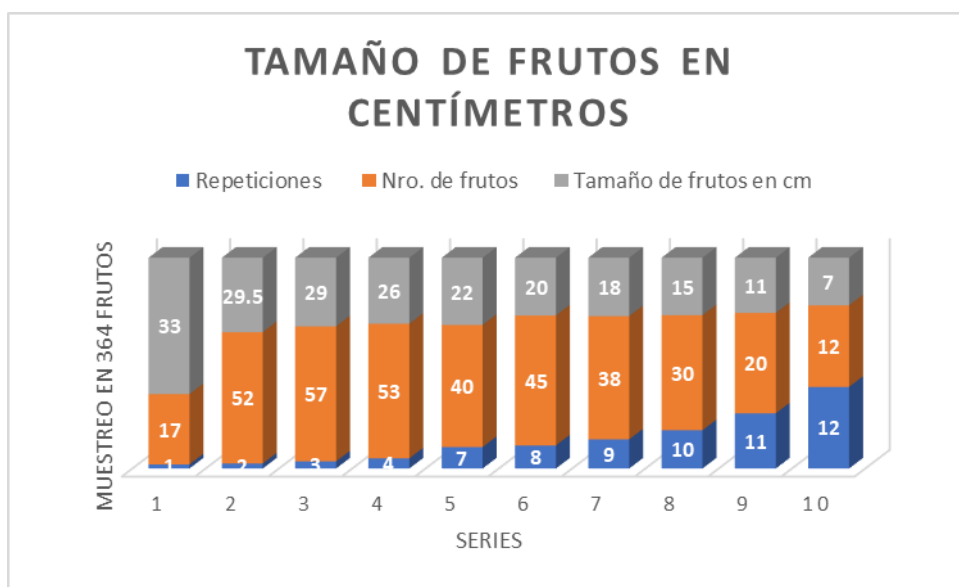
Numero de fruto por plantas			
Nro.	Nro. de plantas	promedio de frutos	Número total de frutos
1	1	6	6
2	10	7	70
3	7	8	56
4	7	9	63
5	11	11	121
6	4	12	48
<b>Total</b>	40	8.8	364

En este cuadro se registraron datos correspondientes a 40 plantas distribuidas en diferentes repeticiones. La producción total fue de 364 frutos, con un promedio general de 8.8 frutos por planta. La repetición con mayor producción individual fue la número 5, con 11

plantas que generaron 121 frutos (11 frutos por planta). En contraste, la repetición 1, con solo una planta, obtuvo un rendimiento de 6 frutos. Estos datos reflejan una variabilidad en la producción por planta entre repeticiones, aunque el promedio general indica un buen comportamiento en el número de frutos por unidad vegetal.

#### 4.1.2. Tamaño del fruto

**Figura 4:** Tamaño de frutos



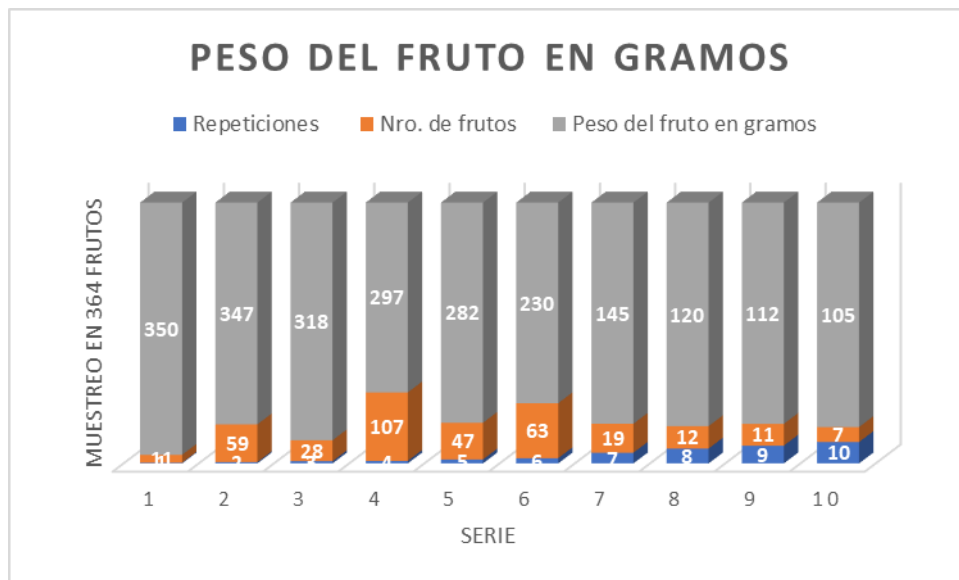
**Tabla 5:**Tamaño de frutos

<b>Tamaño de frutos en centímetros</b>		
<b>Repeticiones</b>	<b>Nro. de frutos</b>	<b>Tamaño de frutos en cm</b>
<b>1</b>	17	33
<b>2</b>	52	29.5
<b>3</b>	57	29
<b>4</b>	53	26
<b>5</b>	40	22
<b>6</b>	45	20
<b>7</b>	38	18
<b>8</b>	30	15
<b>9</b>	20	11
<b>10</b>	12	7
<b>Total</b>	<b>364</b>	<b>21.1</b>

Se midió el tamaño de 364 frutos distribuidos en 10 repeticiones. El tamaño promedio fue de 21.1 cm. El fruto más largo alcanzó los 33 cm (repetición 1), mientras que el más pequeño midió 7 cm (repetición 10). A partir de la repetición 4, los tamaños comienzan a decrecer, desde 26 cm hasta valores por debajo de 20 cm en las últimas repeticiones. Se evidencia una amplitud en la distribución del tamaño, lo cual puede señalar diferencias en el desarrollo o condiciones de cultivo entre repeticiones.

### 4.1.3. Peso del fruto

**Figura 5: Peso del fruto**



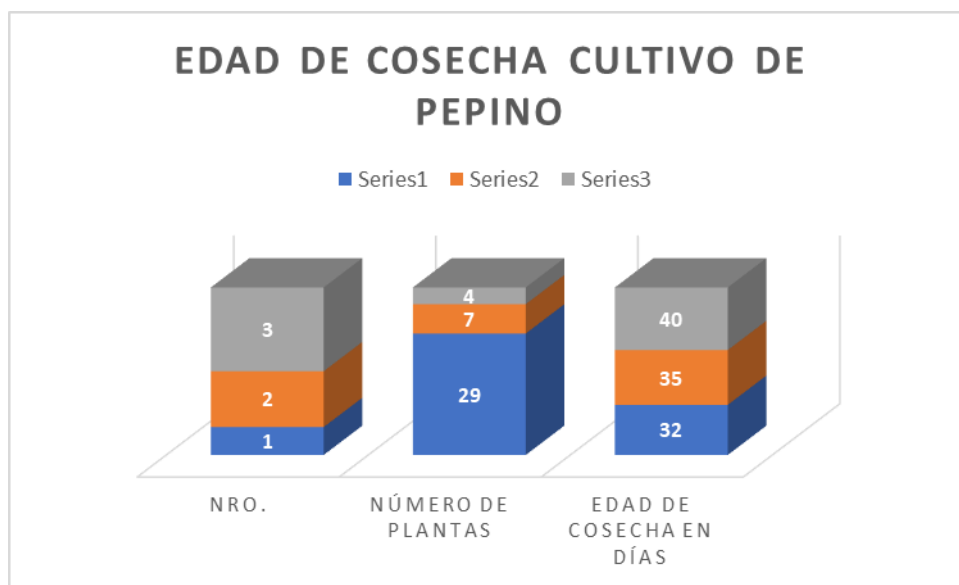
**Tabla 6: Peso del Fruto**

Peso del fruto en gramos		
Repeticiones	Nro. de frutos	Peso del fruto en gramos
1	11	350
2	59	347
3	28	318
4	107	297
5	47	282
6	63	230
7	19	145
8	12	120
9	11	112
10	7	105
<b>Total</b>	<b>364</b>	<b>230.6</b>

En este cuadro se analizaron 364 frutos, obteniendo un peso promedio de 230.6 gramos por fruto. El mayor peso registrado fue de 350 g (repetición 1) y el menor de 105 g (repetición 10). En las primeras repeticiones los pesos oscilan entre 282 g y 350 g, mientras que a partir de la repetición 6 los valores disminuyen por debajo de 230 g. Esta variabilidad refleja diferencias en el rendimiento individual de los frutos, posiblemente asociadas a condiciones específicas en cada repetición.

#### 4.1.4. Edad del cultivo a la cosecha

**Figura 6:** Edad del cultivo a la cosecha



**Tabla 7: Edad del cultivo a la cosecha**

<b>Edad de cosecha cultivo de pepino</b>		
<b>Nro.</b>	<b>Número de plantas</b>	<b>Edad de cosecha en días</b>
<b>1</b>	29	32
<b>2</b>	7	35
<b>3</b>	4	40
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>35.7</b>

Se evaluaron 40 plantas con diferentes tiempos de cosecha. La edad promedio de cosecha fue de 35.7 días. La mayoría de las plantas (29) fueron cosechadas a los 32 días. Un grupo menor (7 plantas) fue cosechado a los 35 días y solo 4 plantas a los 40 días. Se observa una distribución concentrada hacia una cosecha temprana (alrededor de 32 días), con pocas excepciones que presentan una maduración más tardía.

#### **4.2. Discusión**

Los resultados obtenidos en el sistema hidropónico de raíz flotante para el cultivo de pepino reflejan un comportamiento productivo eficiente y competitivo frente a los sistemas tradicionales de cultivo en suelo. A continuación, se discute cada variable evaluada en función de parámetros de referencia de la agricultura convencional y estudios científicos recientes.

- **Número de frutos por planta:** En el presente estudio se obtuvo un promedio de 8.8 frutos por planta, superando el rango comúnmente reportado en sistemas de cultivo tradicional, que suele oscilar entre 5 y 7 frutos por planta, dependiendo del manejo agronómico y las condiciones edafoclimáticas. Este incremento puede atribuirse a la disponibilidad constante de nutrientes, oxígeno y agua que ofrece el sistema hidropónico, reduciendo el estrés hídrico y favoreciendo un crecimiento vegetativo y reproductivo más equilibrado.

Estudios recientes han demostrado que el número de frutos por planta en sistemas hidropónicos puede incrementarse significativamente en comparación con cultivos en suelo, debido a una mejor absorción de nutrientes y condiciones ambientales controladas (Roosta et al., 2024).

- **Tamaño de frutos:** El tamaño promedio de los frutos fue de 21.1 cm, con un rango que varió entre 7 y 33 cm. En comparación, los cultivos tradicionales de pepino reportan tamaños promedio de 15 a 20 cm para frutos comerciales, especialmente en variedades de tipo slicer. La presencia de frutos de mayor longitud en el sistema hidropónico puede asociarse a un mejor control de las condiciones ambientales, así como a una absorción más eficiente de nutrientes como potasio y calcio, fundamentales en el desarrollo del fruto. Investigaciones han indicado que el diámetro y longitud de los frutos de pepino son mayores en sistemas hidropónicos, lo que respalda estos hallazgos (Roosta et al., 2024).
- **Peso del fruto:** Se alcanzó un peso promedio de 230.6 gramos por fruto, dentro del rango ideal para mercado fresco (200 a 300 g), e incluso superior al promedio en sistemas tradicionales, donde se reportan valores entre 180 y 220 g en condiciones convencionales. Este resultado reafirma el potencial del sistema de raíz flotante para generar frutos de buen calibre y calidad comercial, optimizando la eficiencia del uso de recursos. Estudios han mostrado que el rendimiento por planta en sistemas hidropónicos puede ser significativamente mayor que en cultivos en suelo, lo que coincide con los resultados obtenidos en este estudio (Roosta et al., 2024).

- **Edad de cosecha:** La edad promedio de cosecha fue de 35.7 días después del trasplante, lo cual representa una ventaja significativa frente a los sistemas tradicionales, en los cuales el pepino suele cosecharse entre los 45 y 55 días después de la siembra directa o trasplante. Esta reducción del ciclo productivo permite realizar más ciclos por año, aumentando la rentabilidad y eficiencia del sistema. La literatura indica que los cultivos de pepino en sistemas hidropónicos pueden alcanzar la madurez en un período más corto, debido a las condiciones óptimas de crecimiento que ofrecen estos sistemas (Envirevo Agritech, 2024).

En general, el sistema hidropónico de raíz flotante mostró resultados superiores o al menos competitivos frente a la producción tradicional en suelo, destacando especialmente en términos de precocidad, uniformidad, tamaño y rendimiento por planta. Estos beneficios lo posicionan como una alternativa viable para productores que buscan eficiencia y sustentabilidad en ambientes controlad

**CAPITULO V**

**CONCLUSIONES Y**

**RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

A partir del desarrollo de la presente investigación sobre el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en un sistema hidropónico de raíz flotante, se comprobó que esta técnica ofrece ventajas significativas en términos de productividad y calidad del fruto en comparación con el cultivo tradicional en suelo. Los resultados experimentales evidenciaron un aumento en el número promedio de frutos por planta, así como un mejor desempeño en cuanto al tamaño, peso y uniformidad del producto final. Asimismo, se logró una reducción del tiempo requerido hasta la cosecha, lo que permite un mayor número de ciclos de producción por año y una mejor planificación del manejo agronómico.

El análisis de las variables evaluadas permitió confirmar que el sistema hidropónico favorece el desarrollo fisiológico del cultivo al proporcionar condiciones óptimas y controladas de nutrición, humedad y oxigenación radicular. Estas condiciones se tradujeron en una mayor eficiencia del uso de los recursos, una menor exposición a limitantes edafológicas y un entorno más propicio para la obtención de productos de alta calidad comercial.

Con base en estos resultados, se acepta la hipótesis planteada: la implementación de un sistema de cultivo hidropónico de pepino incrementa la productividad y mejora la calidad del producto en comparación con el cultivo tradicional. Este estudio reafirma el valor del uso de tecnologías sostenibles e innovadoras en la agricultura moderna, promoviendo sistemas más eficientes, rentables y amigables con el medio ambiente.

## 5.2. Recomendaciones

- ✓ Repetir el experimento en distintas épocas del año:

Se sugiere realizar nuevas siembras en diferentes estaciones para observar si el sistema

hidropónico de raíz flotante mantiene su buen rendimiento en condiciones climáticas variables. Esto ayudaría a confirmar su estabilidad y adaptabilidad.

- ✓ Ampliar el número de plantas y repeticiones:  
Para obtener resultados más precisos y representativos, se recomienda aumentar la cantidad de plantas evaluadas. Esto permitiría validar los datos obtenidos y fortalecer las conclusiones del estudio.
- ✓ Incluir análisis económico del sistema:  
Sería útil incorporar un análisis de costos y beneficios del cultivo hidropónico frente al tradicional. Esta comparación ayudaría a los productores a tomar decisiones informadas según su realidad económica.
- ✓ Promover la capacitación en técnicas hidropónicas:  
Se recomienda difundir los beneficios de este tipo de cultivo entre agricultores y estudiantes, fomentando capacitaciones prácticas que les permitan implementar estas tecnologías de manera sencilla y efectiva en sus comunidades.

## BIBLIOGRAFÍA

AGRICULTURA, B. (2024). <https://blogagricultura.com/estadisticas-pepino-produccion/#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20mundial%20de%20pepino,FAOSTAT%20para%20el%20a%C3%B1o%202020>.

BLOG. (2021). <https://www.gob.mx/profeco/articulos/pepino-refrescante-y-con-propiedades?idiom=es#:~:text=De%20acuerdo%20con%20la%20Gu%C3%ADa,peque%C3%B1as%20>.

Blog Agricultura. (2024). <https://blogagricultura.com/plagas-enfermedades-pepino/>.

casa, H. e. (2024). <https://huerto-en-casa.com/pepino/>.

CULTIVO DE PEPINO. (2024). <https://www.olivosdebadajoz.com/PLANTAS-DE-HORTALIZA/pepino.pdf>.

CULTIVOS HIDROPONICOS. (2024). <https://cultivoshidroponicos.org/sistema-de-raiz-flotante-en-hidroponia/>.

enciclopedia, w. (2024). [https://es.wikipedia.org/wiki/Cucumis\\_sativus](https://es.wikipedia.org/wiki/Cucumis_sativus). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Cucumis\\_sativus](https://es.wikipedia.org/wiki/Cucumis_sativus)

Envirevo Agritech. (2024). *Growing Cucumbers in Hydroponics: A Comprehensive Guide*. Recuperado de <https://envirevoagritech.com/hydroponic-cucumber/>

Fernández, R. (2021). <https://www.redalyc.org/journal/1813/181369731006/181369731006.pdf>.

HIDROPÓNIA: CULTIVO SIN SUELO. (2025). Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo>

Horto. (2023). <https://hortoinfo.es/record-produccion-mundial-pepino/>. Obtenido de <https://hortoinfo.es/record-produccion-mundial-pepino/>

Infoagro. (2024). <https://www.infoagro.com/hortalizas/pepino.htm>. Obtenido de <https://www.infoagro.com/hortalizas/pepino.htm>

INFOAGRO.COM.(2024).[https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_del\\_pepino\\_parte\\_i.asp](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_pepino_parte_i.asp).

INTAGRI. (s.f.). Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo>

INTAGRI. (2025). Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo>

pepino, c. d. (2005). <https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-del-pepino,-F.pdf>. Obtenido de <https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-del-pepino,-F.pdf>

Prof. Guillermo J. Fornaris. (2001). Obtenido de <https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/PEPINILLO-CARACTERISTICAS-PLANTA.pdf>

Ricardo Hernández Villaseñor. (2024). [https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/pdf/Cultivo\\_de%20Pepino.pdf](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/pdf/Cultivo_de%20Pepino.pdf).

Rodríguez-Fernández, P. (2021). <https://www.redalyc.org/journal/1813/181369731006/181369731006.pdf>.

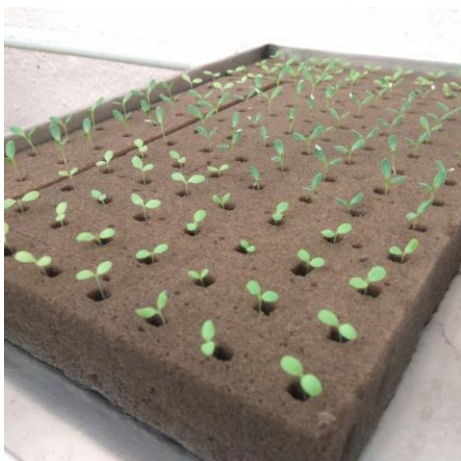
Roosta, H. R., Sharif Azad, H., & Mirdehghan, S. H. (2024). Comparison of the growth, fruit quality and physiological characteristics of cucumber fertigated by three

different nutrient solutions in soil culture and soilless culture systems. *Scientific Reports*, 14, 84773. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-84773-7>

SISTEMAS HIDROPONICOS. (2024). <https://cropaia.com/es/blog/sistemas-hidroponicos/>. Obtenido de <https://cropaia.com/es/blog/sistemas-hidroponicos/>

# ANEXOS

## Memoria fotografica



**Anexo Nro 1:** Siembra de espuma fenolica  
**Fuente:** Elaboracion propia



**Anexo Nro 2:** Revisión de plantulas  
**Fuente:** Elaboracion propia



**Anexo Nro 3:** Germinación al día 3  
**Fuente:** Elaboracion propia



**Anexo Nro 4:** Selección de plantulas  
**Fuente:** Elaboracion propia



**Anexo Nro 5:** Instalación del sistema  
**Fuente:** Elaboracion propia



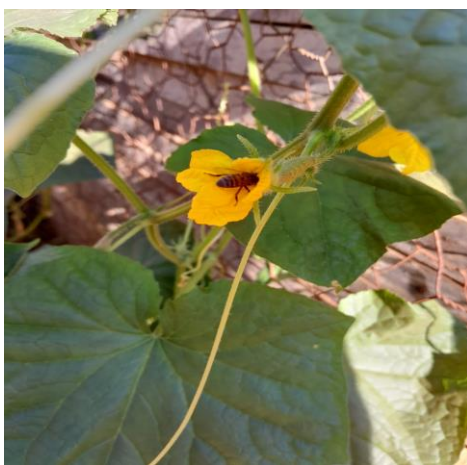
**Anexo Nro 6:** Trasplante  
**Fuente:** Elaboracion propia



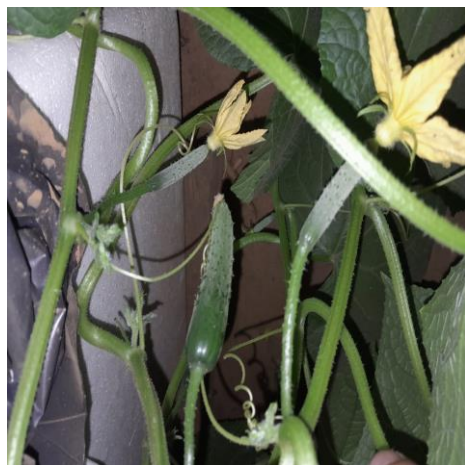
**Anexo Nro 7: Crecimiento vegetativo**  
**Fuente:** Elaboracion propia



**Anexo Nro 8: Inicio de la floracion**  
**Fuente:** Elaboracion propia



**Anexo Nro 9: Polinizacion por insectos**  
**Fuente:** Elaboracion propia



**Anexo Nro 10: Primieros Frutos**  
**Fuente:** Elaboracion propia



**Anexo Nro 11: Control de nutrientes**  
**Fuente:** Elaboracion propia



**Anexo Nro 12: Revision de Frutos**  
**Fuente:** Elaboracion propia



**Anexo Nro 13:** Inicio de la cosecha  
**Fuente:** Elaboracion propia



**Anexo Nro 14:** Conteo de frutos  
**Fuente:** Elaboracion propia



**Anexo Nro 15:** Muestreo según el tamaño  
**Fuente:** Elaboracion propia.



**Anexo Nro 16:** Fin de la jornada.  
**Fuente:** Elaboracion propia.



## Hoja de registro de datos cultivo de pepino en sistema raiz flotante

Seguimiento del cultivo de la pepino							
Día	Nro de plantas	Número de frutos por planta	Peso del fruto (gr)	Tamaño del fruto	Medicion (PH)	Fertilización	Observaciones
32	1	6	297 gr	33 cm			
32	2	9	230 gr	29,5 cm			
32	3	9	347 gr	18 cm			
32	4	9	347 gr	11 cm			
32	5	9	230 gr	29,5 cm			
32	6	9	282 gr	20 cm			
32	7	9	318 gr	26 cm			
32	8	9	230 gr	29 cm			
32	9	7	297 gr	26 cm			
32	10	7	297 gr	22 cm			
32	11	7	297 gr	20 cm			
32	12	7	297 gr	26 cm			
32	13	7	297 gr	18 cm			
32	14	7	297 gr	26 cm			
32	15	7	297 gr	15 cm			
32	16	7	297 gr	20 cm			
32	17	7	297 gr	15 cm			
32	18	7	105 gr	26 cm			
32	19	11	350 gr	33 cm			
32	20	11	282 gr	22 cm			
32	21	11	282 gr	29,5 cm			
32	22	11	347 gr	20 cm			
32	23	11	297 gr	18 cm			
32	24	11	297 gr	11 cm			
32	25	11	318 gr	29,5 cm			
32	26	11	347 gr	18 cm			
32	27	11	145 gr	22 cm			
32	28	11	347 gr	20 cm			
32	29	11	112 gr	22 cm			

