

INTRODUCCIÓN

La historia de la evolución del hombre como raza humana, está estrechamente relacionada con la agricultura. Cuando el hombre pasó de ser nómada y recolector de alimentos a domesticar plantas y animales, se dio un gran salto en su evolución.

Las guerras, las conquistas de territorio, las migraciones, el intercambio comercial y consecuentemente cultural, dieron paso a la introducción de nuevas plantas y al desarrollo de nuevas formas de cultivo. A través del tiempo, el hombre fue perfeccionando las condiciones de sus plantaciones para obtener más y mejores productos.

En nuestros días cada vez es más imperiosa la producción de alimentos, debido a que la población en general crece de manera muy significativa, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de los países, y en el último tiempo la adopción de diversas técnicas de producir alimentos con ese fin se ha perfeccionado, junto con la creación de nuevos sistemas, buscando la manera más óptima de producir más y mejor. (corpus, 2017)

La hidroponía, forma de cultivo sin suelo, se considera una forma de cultivo no tradicional y nace por la necesidad de buscar una optimización de recursos.

En este sentido se desarrollaron técnicas que se apoyan en sustratos (medios que sostienen a la planta), o en sistemas con aportes de soluciones de nutrientes estáticos o circulantes, sin perder de vista las necesidades de la planta como la temperatura, humedad, agua y nutrientes. Lo cual es una respuesta muy favorable para la producción agrícola. Con un sistema hidropónico se reduce el espacio de producción, se reduce el impacto ambiental, se incrementa los rendimientos de los cultivos y también la calidad de estos. (Cruz, 2018)

Una característica importante al cultivar plantas en un medio sin tierra es que permite tener más plantas en una cantidad limitada de espacio, las cosechas serán más uniformes y seguras, los frutos serán más precoces y producirán rendimientos mayores, el agua y los fertilizantes pueden volver a utilizarse, además, el cultivo en hidroponía permite ejercer un mayor control sobre las plantas, con resultados más uniformes y seguros.

Los diferentes problemas agroclimáticos como la erosión de suelos, el empleo excesivo de plaguicidas, el cambio climático y sobre todo el sistema minifundista de nuestro país han ocasionado la búsqueda de nuevas alternativas para la producción hortícola, teniendo entre ellas a la producción hidropónica. La cual esta mejora las cosechas aumentando así la calidad, reduciendo el periodo vegetativo y siendo una técnica que optimiza el uso del

recurso suelo ya que requiere de espacios de cultivo pequeños. Con todo, el manejo del sistema hidropónico relativamente es más sencillo ya que el control ambiental es más accesible y la incidencia de plagas menos probable. No obstante, es imprescindible adquirir los conocimientos pertinentes respecto a su manejo. (VELASCO, 2016)

Generalmente las hortalizas de hoja se producen en mayor porcentaje en los sistemas hidropónicos tomando poca importancia y produciendo en menor cantidad hortalizas de fruto.

Una de las hortalizas que se cultivan en Bolivia es el pepino, (*Cucumis sativus* L.), este cultivo es importante tanto por su valor económico como por su valor nutrimental.

Con el paso de los años y el incremento cada vez mayor de la población, y la necesidad de buscar nuevas formas de satisfacer la demanda alimenticia nos lleva a producir más obligándonos a hacer un mejor uso de los recursos naturales, así como incrementar el rendimiento por unidad de superficie, con el desarrollo de nuevas técnicas de producción tales como la hidroponía.

JUSTIFICACIÓN

Los vegetales son parte importante de una alimentación saludable. Su disponibilidad está determinada por el clima, agua, las condiciones del terreno y su ubicación.

La hidroponía es una alternativa de cultivo donde se puede controlar todas esas variables y se sustituye al suelo por el agua pudiendo cultivar cualquier tipo de plantas.

La hidroponía permite diseñar estructuras simples o complejas, las cuales permiten el ahorro de espacio en donde se puede cultivar cualquier tipo de plantas, es una buena opción ya que no se necesita mucho espacio y el agua se aprovecha al máximo.

El cómo producir pepino de forma hidropónica, pensar en esta técnica como una opción más de generar mayores rendimientos para que cualquier persona con un poco de capacitación pueda iniciar en la producción hidropónica son unas de las razones para realizar la presente investigación.

Los resultados obtenidos en la investigación van a beneficiar a futuras generaciones que deseen producir esta hortaliza de manera hidropónica, los datos indicarán si es viable o no el realizar este tipo de proyecto, ya que, si no se realizan este tipo de investigaciones no habrá información en donde se puede verificar el éxito o fracaso de este.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a que el agua es un recurso ya limitado en distintas zonas de Bolivia y la población aumenta cada vez más, con una tasa de crecimiento anual del 1.4%, se deben buscar alternativas para poder compensar la producción, acelerando y utilizando espacios más pequeños en donde aumente la calidad y el rendimiento del fruto.

Según el MMAyA, el aumento de la demanda de agua, el crecimiento de las necesidades de agua para los distintos usos, los problemas de contaminación de las fuentes, el deterioro de su calidad y la influencia del cambio climático, traen como consecuencia una escasez de agua. Las alteraciones de la frecuencia de lluvias y otras dificultades actuales nos advierten que el agua es una prioridad; de ahí que es

fundamental tener una estrategia y un plan departamental para los próximos años, que se convierta en una política pública.

En el año 2012, el consumo total de agua en el Departamento de Tarija, fue de 211,88 Hm³/año. Representando la actividad de riego, el que mayor demanda involucra con el 75% (161,01 Hm³/año) del consumo de agua, seguido del consumo de humano con el 20% (42,41 Hm³/año) y el 4% (8,46 Hm³/año) por el consumo animal.

La ONU indica que: Los suelos se están deteriorando rápidamente debido a la erosión, el agotamiento de los nutrientes, la pérdida de carbono orgánico, el sellado del suelo y otras amenazas, pero esta tendencia puede revertirse siempre que los países tomen la iniciativa en la promoción de prácticas de manejo sostenible y el uso de tecnologías apropiadas.

La producción en sistemas hidropónicos es muy compleja en cuanto a hortalizas de hojas, tomando muy poca importancia y produciendo en menor porcentaje las hortalizas de fruto tales como: tomate, pimiento y pepino, la presente investigación tiene por finalidad el contribuir información acerca de la producción de pepino en sistema hidropónico.

La producción de pepino hidropónico es muy baja en nuestro país, lo que causa cierta incertidumbre, aun más sabiendo que esta hortaliza tiene mucha demanda, la falta de practica o conocimiento sobre como producir pepino de manera hidropónica podrían ser algunos motivos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el desarrollo del pepino (*Cucumis sativus* L) utilizando dos diferentes sustratos (perlita y cascarilla de arroz) en sistema hidropónico.

Objetivos específicos

- Determinar las características agronómicas del cultivo del pepino en dos sustratos en sistema hidropónico.
- Evaluar el sustrato más adecuado para la producción de pepino determinando el rendimiento, altura de la planta, peso de fruto, tamaño de fruto y número de hojas, en el sistema hidropónico.

HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa

El sustrato perlita y el sustrato cascarilla de arroz del cultivo muestran diferencias en el rendimiento del cultivo.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1. REVISIÓN BILIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes

Teniendo en cuenta los elementos antes mencionados y con el interés de aportar técnicas que incrementen la productividad del cultivo de pepino en el departamento de Tarija se propone realizarlo de manera hidropónica, la cual es una técnica en donde prácticamente no se usa el suelo y es remplazado por sustratos (perlita) o extractos (cascarilla de arroz) y el agua en sí, además se aplica en donde se tenga un espacio como terrazas, balcones y patios de la casa, pudiendo utilizar varios materiales como tubos PVC, macetas, etc.

El origen del pepino ocurrió en las regiones tropicales del sur de Asia. Se ha cultivado en la India desde hace aproximadamente 3000 años.

De la India pasó a Egipto, donde fue uno de los alimentos preferidos por los faraones. Su consumo se trasladó a Grecia mediante las rutas comerciales existentes cuando los griegos eran el centro del mundo antiguo.

A Norteamérica el cultivo llegó en el siglo XVI con los viajes de Cristóbal Colón. Este cargaba semillas de la hortaliza dentro de sus provisiones. Posteriormente se extendió por el resto del continente conforme los españoles se adentraron en América.

El pepino es una planta herbácea anual, pertenece al orden de las cucurbitales, y a la familia de la cucurbitácea. El pepino es una hortaliza fresca que cada día la consume más la población, este cultivo para el agricultor representa una alternativa para diversificar y satisfacer la demanda del mercado interno, en cuanto a su contenido nutricional es una de las hortalizas que contiene las vitaminas A, B, C y minerales que son indispensables en la alimentación humana, (Cañada, 2017)

1.2. PRODUCCIÓN NACIONAL

Bolivia se caracteriza por una producción de amplia aceptación e importancia. El cultivo original del pepino se extendió a lo largo de los Andes, desde el sur de Colombia hasta Bolivia incluyendo la costa del Perú. Durante la época de la Colonia se introdujo en México y América Central, donde se lo conocía como *Solanum guatemalense*, habiendo decrecido su uso posteriormente. (Tiñini, 2018)

Tabla 1. Producción nacional de pepino (*Cucumis sativus* L.) en tn

Producción por año 2020-2021	
Departamento	Producción en tn
Santa cruz	2.415
La paz	973
Cochabamba	390
Tarija	218
Beni	168
Potosi	91
Chuquisaca	82
Oruro	15

Fuente: INE (Instituto Nacional de Estadística) 2020-2021

1.3. CARACTERÍSTICAS BOTANICAS

1.3.1. Taxonomía

Reino: Vegetal

Phylum: Telemophytae

División: Tracheophytae

Sub división: Anthophyta

Clase: Angiospermae

Sub clase: Dicotyledoneae

Grado evolutivo: Metachlamydeae

Grupo de ordenes: Tetracíclicos

Orden: Cucurbitales

Familia. Cucurbitaceae

Nombre científico: *Sucumis sativus L.*

Nombre común: Pepino

Fuente: herbario de la UAJMS

1.3.2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

1.3.2.1. Raíz

El sistema radicular consiste en una fuerte raíz principal que alcanza de 1 - 1.20 m de largo, ramificándose en todas las direcciones principalmente entre los primeros 25 a 30 cm del suelo, raíces secundarias superficiales muy finas, alargadas y de color blanco. El pepino posee la facultad de emitir raíces adventicias por encima del cuello. (Infoagro, 2022)

1.3.2.2. Tallo

Sus tallos son rastreros, postrados y con zarcillos, con un eje principal que da origen a varias ramas laterales principalmente en la base, entre los 20 y 30 primeros cm. Son trepadores, llegando a alcanzar de longitud hasta 3.5 m en condiciones normales. (Infoagro, 2022)

1.3.2.3. Hoja

De largo pecíolo, gran limbo acorazonado, con tres lóbulos más o menos pronunciados (el central más acentuado y generalmente acabado en punta), de color verde oscuro y recubierto de un vello muy fino. (Infoagro, 2022)

1.3.2.4. Flor

De corto pedúnculo y pétalos amarillos. Las flores aparecen en las axilas de las hojas y pueden ser hermafroditas o unisexuales, aunque los primeros cultivares conocidos eran monoicos y solamente presentaban flores masculinas y femeninas y en la actualidad todas las variedades comerciales que se cultivan son plantas ginoicas, es decir, sólo poseen flores femeninas que se distinguen claramente de las masculinas porque son portadoras de un ovario ínfero. (Infoagro, 2022)

1.3.2.5. Zarcillos

Son hojas transformadas que favorecen la función trepadora de la planta, no presentan ramificaciones. (Infoagro, 2010)

1.3.2.6.Fruto

Pepónide que vira 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. (Infoagro, 2022)

1.3.2.7.Semilla

La semilla de pepino se compone de los tegumentos que las protegen, de las sustancias nutritivas y del embrión. Este último es la parte más importante, ya que de él depende la germinación, crecimiento y desarrollo de la nueva planta. Las semillas de pepinillo son algo más pequeñas que las del pepino, ovales, inmaduras, aplastadas, lisas y de color amarillento blanquecino, terminadas en un extremo más agudo. La germinación de las semillas se produce a las 48 horas sobre cama, y a los 6 ó 7 días en plena tierra. (Infoagro, 2022)

1.4.Características del cultivo

Tabla 2. Características del cultivo de pepino (Cucumis sativus L.)

Estado fenológico	Días después de siembra
Emergencia	6-4
Días de emisión de guías	15-24
Inicio de floración	27-34
Fin de cosecha	43-50
Inicio de cosecha	75-90

Fuente: Centa, 2023

1.5.Requerimientos nutricionales

Debido al débil sistema radical y el rápido crecimiento y desarrollo de la planta, se explica que sea muy exigente e cuanto al balance nutricional y obliga a que se hagan aplicaciones frecuentes de fertilizantes, como norma de orientación se recomienda para 1 ha **130 Kg de N. 120 Kg de P₂O₂ Y 170 Kg de K₂O.** (briones y Cedeño, 2019) citado por (Vilte, 2021)

Tabla 3. Requerimientos nutricionales

CANTIDAD DE FERTILIZANTES	Kg/ha
N	130
P ₂ O ₂	120
K ₂ O	170

Fuente: Briones y Cedeño, 2019

La fertilización de determina de acuerdo a un análisis de suelo, recomendado realizar la fertilización básica con fosforo y potasio, durante el ciclo del cultivo (65 a 75) días se debe adicionar en forma seccionada alrededor de 130 kg de nitrógeno y 120 kg de fosforo y 170 kg de potasio y otros micronutrientes, de acuerdo a sus requerimientos. (Villavicencio y Vásquez, 2008) citado por (Vilte, 2021).

1.6.Requerimientos climáticos

La planta de pepino demanda altas temperaturas, bajo condiciones climáticas desfavorables se pueden llegar a presentar diversos problemas tales como reducción en el número de flores, retraso en el crecimiento de los frutos y diversos desórdenes nutricionales. Se desarrolla adecuadamente en un rango de temperaturas de entre 18 y 28 °C; mientras que la humedad relativa debe oscilar entre 50 y 80%. Con temperaturas inferiores a 14°C o por encima de los 40°C el crecimiento se detiene; la planta muere cuando la temperatura desciende a menos de 1°C, comenzando con un marchitamiento general de muy difícil recuperación. (Figueroa, 2019).

1.6.1. Temperatura:

Es un cultivo de clima templado, que al aire libre no soporta los fríos: cuando la planta está en el periodo de desarrollo, si ocurre una disminución fuerte de temperatura durante algunos días, puede dar lugar a que la planta florezca antes de tiempo. El pepino se adapta a climas cálidos y templados y se cultiva desde las zonas costeras hasta los 1,200 metros sobre el nivel del mar. Sobre 40°C el crecimiento se detiene, con temperaturas inferiores a 14°C, de igual manera, y en caso de prolongarse esta temperatura, se caen las flores femeninas. La planta muere cuando la temperatura desciende a menos de 1°C, comenzando con un marchitamiento general de muy difícil recuperación. (Promosta, 2005)

1.6.2. Humedad

Es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su gran superficie foliar, siendo la humedad relativa óptima durante el día del 60-70% y durante la noche del 70-90%. Sin embargo, los excesos de humedad durante el día pueden reducir la producción, al disminuir la transpiración y en consecuencia la fotosíntesis, aunque esta situación no es frecuente.

Luminosidad: el pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (con menos de 12 horas de luz), aunque también soporta elevadas intensidades luminosas. A mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción.

Precipitación: La precipitación, así como la humedad, deben ser relativamente bajas de manera que se reduzca la incidencia de enfermedades. La calidad de los frutos en áreas húmedas es más baja que la de zonas secas. (Promosta, 2005)

1.7.PLAGAS Y ENFERMEDADES

Las principales plagas de insectos de los cultivos de pepino hidropónico son ácaros, trips, moscas blancas y, ocasionalmente, pulgones, que necesitan un cuidadoso control, pues no sólo reducen la productividad, pero también afectan la calidad de los frutos.

1.7.1. Plagas

La mosca blanca

Es un insecto muy pequeñito de tiene sobre su cuerpo un polvillo blanco que le da el color en la edad adulta. Este pequeño insecto además de debilitar las plantas al chupar su sabia,

transmite un virus que inicialmente trastorna su desarrollo y finalmente la mata. (Marulanda, 2003)

La arañuela

Es una de las especies de ácaros que produce daños y pérdidas económicas importantes en cultivos hortícolas. Se desarrolla en el envés de las hojas causando decoloraciones, puntea duras o manchas amarillentas que pueden apreciarse en el haz como primeros síntomas. Con mayores poblaciones se produce desecación o incluso de foliación. Los ataques más graves se producen en los primeros estados fenológicos.

Las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa favorecen el desarrollo de la plaga. En judía y sandía con niveles altos de plaga pueden producirse daños en los frutos

Los áfidos o pulgones

Son una plaga muy común y dañina que ataca sobre todo en los períodos, secos y calurosos, aunque también los hay en otras épocas de clima menos favorable. Esta plaga debilita la planta porque chupa la savia, le da mal aspecto, daña la calidad y además transmite virus. (Marulanda, 2003)

1.7.2. Enfermedades

Oídium (*Sphaerotheca fuliginea*)

Los síntomas que se observan son manchas pulverulentas de color blanco en la superficie de las hojas que van cubriendo todo el aparato vegetativo llegando a invadir la hoja entera, también afecta a tallos y frutos en ataques muy fuertes. Las hojas y tallos atacados se vuelven de color amarillento y se secan. (Marulanda, 2003)

Mildiu polvoriento (*Erysiphe cichoracearum*. Sehi. Salmón)

La afectación por este hongo provoca pequeñas manchas blancas la superficie de las hojas y tallo a que en la medida que aumenta se vuelven pulverulentas, cuando la enfermedad se ve favorecidas por un clima cálido y húmedo, produce amarillamiento y defoliaciones prematuras. (Marulanda, 2003)

1.7.3. Propiedades nutricionales

Las propiedades del pepino se deben a su aporte equilibrado de nutrientes (proporciona ácido fólico, magnesio, potasio, vitamina C y B5 en buenas cantidades), lo que contrasta con su bajo aporte calórico. Un pepino mediano de unos 250 gramos apenas supone 30 calorías para el organismo y, sin embargo, ofrece un rico abanico de nutrientes.

Tabla 4. Propiedades nutricionales de pepino por 100 gr

Valor nutricional del pepinillo en 100 gr de sustancia comestible	
Agua (gr)	11,73
Carbohidratos (gr)	3.2
Proteínas (gr)	0.6-1.4
Grasas (gr)	0.1-0.6
Acido ascórbico (gr)	11
Acido pentatónico (mg)	0.25
Valor energético (kcal)	Oct-18
Potasio(mg)	160
Fosforo (mg)	18
Calcio (mg)	17
Magnesio (mg)	11
Azufre (mg)	11

Fuente: (Cardoso, 2022)

1.8. LOS CULTIVOS HIDROPONICOS

La hidroponía se deriva del griego hydro (agua) y ponos (labor de trabajo), lo cual significa trabajo en agua. Por lo tanto, la hidroponía es un sistema de producción en el cual las raíces de las plantas no se encuentran establecidas en el suelo, sino en un sustrato o en la misma solución nutritiva utilizada. En la solución nutritiva, como su nombre dice, se encuentran disueltos los elementos necesarios para el crecimiento de la planta (Intagri, 2017).

La hidroponía, ha sido muy usada para la investigación en el campo de la nutrición mineral de las plantas, además de ser hoy en día el método de producción hortícola más intensivo. Generalmente este sistema de producción es de alta tecnología, con una fuerte inversión de capital, por lo cual es aplicada exitosamente en países desarrollados.

Los cultivos hidropónicos más rentables bajo estos sistemas hidropónicos son tomate, pepino, pimiento, lechuga, fresa y flores de corte. (Intagri, 2017)

1.9.FACTORES IMPORTANTES DE LA HIDROPONIA

1.9.1. Solución nutritiva

Una solución nutritiva es una mezcla de elementos nutritivos en solución, a una concentración y relaciones elementales, de tal forma que favorecen la absorción nutrimental por el cultivo. En una solución nutritiva se encuentran prácticamente todos los nutrientes considerados esenciales para las plantas, de tal manera que los cultivos no tienen ninguna restricción en su desarrollo, permitiendo obtener altos potenciales de rendimiento. (Intagri, 2017)

1.9.2. El pH en la solución nutritiva

La preparación de los nutrientes es esencial para lograr un cultivo hidropónico de pepinos abundante y saludable.

El pH óptimo para el cultivo hidropónico de pepinos es de 5.5 a 6.0.

La mayoría de los nutrientes mantienen su máximo nivel de asimilación con pH 5.5 a 6.5. Por otro lado, un pH por debajo de 5.0 puede provocar deficiencias de N, K, Ca, Mg, B principalmente, y por encima de 6.5 puede disminuir la asimilación de P, Fe, Mn, B, Zn y Cu. (Intagri, 2017)

1.9.3. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) indica el contenido de sales de la solución nutritiva, por lo que a mayor CE mayor es el contenido de sales, el rango de CE debe estar entre 2.2 a 2.7 mS.

La conductividad eléctrica está referida en decisiemens por metro (dS/m) y en hidroponía dependerá del cultivo establecido. A excepción de algunas especialidades, los valores de este parámetro generalmente están entre 1 a 2 dS/m. (Intagri, 2017).

1.9.4. Temperatura

El agua es un elemento esencial de la hidroponía y el agua utilizada debe permanecer dentro el rango de temperatura apropiado.

Los investigadores han descubierto que la solución nutritiva es más efectiva si se mantiene entre 18 a 22°C (Splengler, 2020)

1.9.5. Oxígeno

Las plantas cultivadas en un sistema hidropónico necesitan oxígeno disuelto (DO) en su agua para prosperar y proporcionar rendimientos óptimos; en los sistemas hidropónicos, la mayor parte del oxígeno que absorben las raíces de las plantas proviene de la solución nutritiva que usted proporciona. (Quest, 2016)

1.10. METODOS HIDROPONICOS

El cultivo en agua por definición es el auténtico cultivo hidropónico, aunque bajo el concepto descrito para hidroponía se contemplan otros sistemas. De acuerdo a lo anterior, dependiendo del medio utilizado para el desarrollo de las raíces, los sistemas de cultivo sin suelo se pueden clasificar en tres grupos: 1) cultivos en agua (con solución nutritiva);

2) cultivos en aire (aeropónicos) y 3) cultivos en sustrato con solución nutritiva. (Intagri, 2017)

1.10.1. Sistemas de producción en solución nutritiva

Sistema NFT

Esta técnica consiste en crear una película recirculante de solución nutritiva dentro de tubos de PVC, lo cuales en sus extremos tienen tapas con pequeñas conexiones al final y al inicio para hacer recorrer el agua en todo el conjunto de tuberías que componen al sistema mediante una bomba, que se encuentra en el depósito donde se almacena la solución nutritiva. Los tubos de PVC tienen orificios en la parte superior, donde se colocan las plantas en cilindros de foami agrícola para NFT de tal manera que las raíces están en contacto con la película recirculante de la solución nutritiva.

Raíz flotante.

Este método utiliza un medio líquido para el crecimiento de los cultivos. En este sistema las raíces flotan dentro una solución nutritiva, pero las plantas están sostenidas sobre una lámina ligera (la cual generalmente es de unicel), que se sostiene sobre la superficie del medio líquido.

Sistema NGS.

En este sistema las raíces se desarrollan en una solución nutritiva recirculante, distribuyendo agua, nutrientes y oxígeno de manera eficiente. Dicho sistema cuenta con distintas capas de polietileno en su interior, dispuestas de manera tal que la solución se va distribuyendo en ellas en forma de cascada. Dentro de estas mismas capas, las raíces van explorando sin restricción alguna hasta un agujero que les permite descender a las capas inferiores de la bolsa de polietileno, esto permite que el sistema se adapte a distintos cultivos.

1.10.2. Sistemas de producción expuestos al aire

Cultivos aeropónicos

Este sistema consiste en colocar un cilindro de PVC u otros materiales en posición vertical, con perforaciones en las paredes laterales por donde se introducen las plantas al momento de realizar el trasplante. Las raíces crecen en la oscuridad y pasan la mayor

parte del tiempo expuestas al aire. Por el interior del cilindro, una tubería distribuye de manera periódica la solución nutritiva a las raíces mediante pulverización a mediana o baja presión. Las plantas crecen bien en aeroponía debido a la excelente aireación de las raíces, dado que la concentración de oxígeno en el aire es 20 veces más elevada en relación a la concentración que existe disuelto en el agua. (Intagri, 2017)

1.10.3. Sistemas de producción en sustrato

El sustrato es un material sólido (natural o de síntesis) distinto del suelo que, colocado en un contenedor o bolsa, en forma pura o mezcla, permite el desarrollo del sistema radical, el crecimiento del cultivo y pueden intervenir o no en la nutrición de la planta. El sustrato brinda sostén y anclaje a la planta, además de mantener la humedad, drenaje, aireación y facilidad en la absorción de nutrientes para que la planta no tenga ningún problema en su desarrollo.

Sistema de Mecha

Un sistema hidropónico pasivo en el que un lado de cuerdas de nylon fibroso se coloca alrededor de las plantas, en el sustrato de cultivo, mientras que su otro lado se coloca en el depósito de la solución nutritiva. La solución nutritiva sube las mechas a las plantas por acción capilar. (Guy Sela , 2021)

Flujo y reflujo

Macetas con plantas se colocan en una bandeja de cultivo. La bandeja se inunda con una solución nutritiva, hasta que alcanza un cierto nivel. :La solución nutritiva fluye hacia las raíces a través de agujeros en las macetas. Luego, el agua se drena de las bandejas y puede ser reutilizada en el próximo ciclo de riego. (Guy Sela , 2021)

Goteo

En estos sistemas de riego, un timer controla una bomba que hace que la solución nutritiva gotee sobre la parte inferior de las plantas. En algunos de estos sistemas, es posible recuperar el exceso de solución nutritiva para reutilizarla, mientras que en otros el exceso de solución se desecha. 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.

1.10.4. Sustrato

Se denomina sustrato a un medio sólido inerte que cumple con dos funciones esenciales las cuales deben ser: la de anclar las raíces para protegerlas de la luz y permitirles respirar, así mismo debe de retener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan. Los granulos componentes del sustrato deben permitir la circulación del aire y de la solución nutritiva. Se consideran buenos aquellos que permiten la presencia entre 15 y 35% de aire y entre 20 y 60 % de agua en relación con el volumen total (Rodriguez, 2001)

1.10.5. Función de los sustratos

Se denomina sustrato a un medio sólido inerte que cumple con dos funciones esenciales las cuales deben ser: la de anclar las raíces para protegerlas de la luz y permitirles respirar, así mismo debe de retener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan. Los granulos componentes del sustrato deben permitir la circulación del aire y de la solución nutritiva. Se consideran buenos aquellos que permiten la presencia entre 15 y 35% de aire y entre 20 y 60 % de agua en relación con el volumen total. (Rodriguez, 2001)

1.10.6. Tipos de sustratos

➤ Inorgánicos

Se obtienen a partir de rocas minerales de diverso origen, no son biodegradables, arena, grava, tierra volcánica. (Rodriguez, 2001)

➤ Orgánicos

Pueden ser de origen natural como las turbas las cuales están sujetas a descomposición biológica, también pueden ser subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales tales como: cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, cortezas de árboles, aserrín y virutas de la madera. (Rodriguez, 2001)

1.10.7. Sustrato Perlita

Es un material obtenido como consecuencia de un tratamiento térmico a unos 1000 a 1200 °C de una roca silíceo volcánica del grupo de las riolitas. Se presenta en partículas blancas cuyas dimensiones varían entre 1.5 y 6 mm, con una densidad baja de 50-60 kg/cm³. Posee una elevada porosidad del 97.8%, su C.I.C. es prácticamente nula (1.5 -2.5 meq/100 g); su pH está cercano a la neutralidad 7-7.5. (Serrano, 1980)

1.10.8. Sustrato cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz es un subproducto del proceso de molienda del grano maduro del arroz, es un insumo de uso agrícola que se obtiene de separar el grano de arroz de su cáscara. Como sustrato tiene la propiedad de retener la humedad en macetas y almácigos. (Agro, 2006)

1.11. Solución nutritiva

La solución nutritiva se define como un conjunto de compuestos y formulaciones que contienen los elementos esenciales disueltos en el agua, que las plantas necesitan para su desarrollo. (FAO, 2017)

Cuando la planta madura, antes de fructificar, debes usar una solución con niveles más altos de potasio.

Los pepinos también se beneficiarán del enriquecimiento de CO₂ que acelerará la producción de la fruta y aumentará los rendimientos.

Los elementos esenciales, que permitan sobrevivir a la planta son los Macronutrientes Nitrógeno (N), Potasio (K), Azufre (S), Fósforo (P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O), que son los elementos más demandados para su desarrollo, y los Micronutrientes Hierro (Fe), Cloro (Cl), Manganeso (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Molibdeno (Mo) que son elementos que se requieren en menor proporción (IZQUIERDO, 2003)

1.11.1. Funciones de los elementos nutritivos de las plantas

Tabla 5. Funciones de los elementos nutritivos de las plantas

ELEMENTO	ABSORBIDO EN FORMA	FUNCIONES
Nitrógeno	NO₃ Y NH₄	Da el color verde intenso a las plantas, fomenta el rápido crecimiento. Aumenta la producción, mejora la calidad de las hortalizas.
Fosforo	P₃O₅	Estimula la rápida formación y crecimiento de las raíces. Acelera la maduración y estimula la coloración de los frutos. Ayuda a la formación de semillas
Potasio	K₂O	Otorga a las plantas gran vigor y resistencia contra las enfermedades y bajas temperaturas, ayuda a la producción de proteína de las plantas, aumenta el tamaño de las semillas, mejora la calidad de los frutos, ayuda al desarrollo de los tubérculos.
Calcio	Ca O	Activa la temprana formación y el crecimiento de las raicillas.
Magnesio	Mg O	Es componente esencial de la clorofila, es necesario para la formación de los azúcares, ayuda a regular la asimilación de otros nutrientes, actúa como transportador del fósforo dentro de las plantas.
Cobre	Cu	El 70% se concentra en la clorofila y su función más importante se aprecia en la asimilación.
Boro	B	Aumenta el rendimiento o mejora la calidad de las frutas, verduras y forrajes, está relacionado con la asimilación del calcio y con la transferencia del azúcar dentro de las plantas.

Hierro	Fe	No forma parte de la clorofila, pero está ligado a su biosíntesis.
Magnesio	Mg	Acelera la germinación y la maduración, aumenta el aprovechamiento del calcio, magnesio y el fósforo, cataliza en la síntesis de la clorofila y ejerce funciones en la fotosíntesis.
Molibdeno	Mo	Es esencial en la fijación del nitrógeno que hacen las legumbres.

Fuente: Huterwal (1991), citado por Santos, 2019

1.11.2. Preparación de solución nutritiva

En hidroponía al momento de preparar la solución nutritiva concentrada, 3 grupos de fertilizantes no se pueden mezclarse en el mismo recipiente.

Solución concentrada A

Preparación de solución concentrada A en 5.0 litros. (CABEZAS ALBARRACIN, 2018)

- En un recipiente de 3 litros de agua disolver el nitrato de potasio mezclar vigorosamente hasta que quede diluido completamente.
- En una jarra con volumen de 1 litro de agua disolver el fosfato mono amónico, mezclar hasta que quede diluido completamente.
- En una tercera jarra con 0.5 litros de agua disolver el contenido del nitro S y mezclar cuidadosamente hasta que quede diluido completamente.
- Una vez que los tres fertilizantes, se encuentren disueltos, juntar en un recipiente, mezclar homogéneamente y agregar agua hasta completar un volumen final de 5 litros.
- Almacenar la solución concentrada A en un recipiente con tapa para luego almacenar en un lugar fresco y oscuro.

Solución concentrada B

Preparación de solución concentrada B en 5 litros. (CABEZAS ALBARRACIN, 2018)

- En un recipiente de 1.5 litros de agua disolver sulfato de magnesio y mezclar hasta que quede diluido completamente.
- En un segundo recipiente de 2.5 litros de agua disolver los microelementos y mezclar hasta que quede diluido completamente.
- En una jarra con 0.5 litros de agua disolver el quelato de hierro y mezclar hasta que quede diluido completamente.
- Una vez que se hay disuelto completamente juntar todos los fertilizantes en un recipiente de 5 litros y completar el volumen final con agua, almacenar en un recipiente o en un bidón con tapa para luego almacenar en un lugar fresco y oscuro.

Solución concentrada C

Preparación de solución concentrada C en 5 litros. (CABEZAS ALBARRACIN, 2018)

- En un recipiente con 3 litros de agua disolver el nitrato de calcio y mezclar cuidadosamente hasta que quede diluido completamente.
- Una vez disuelto vaciar a un recipiente y completar a un volumen de 5 litros.
- Almacenar en un recipiente o en un bidón con tapa para luego almacenar en un lugar fresco y oscuro.

1.11.3. Vida útil de la solución nutritiva

La vida útil de la solución nutritiva, es un aspecto de gran importancia y muy discutido por muchos investigadores, sin embargo, esto depende mucho de la época climática y de calidad del agua, Backes et al. (2003) considera que una solución nutritiva no debería ser empleada por un periodo superior a tres meses, recomendando una renovación completa de la misma después de ese periodo. Mientras que Castellane y Araújo (1995) afirman que el período útil de una solución nutritiva es de tres a cuatro semanas, en cuanto para Santos (2000) un período de utilización de una solución está comprendido entre los 60 y 90 días.

1.12. Análisis comparativo de cultivos Tradicionales e Hidropónicos

Tabla 6. Comparación de cultivos tradicionales e hidropónico

	Tradicional	Hidropónico
Nutrición de planta	Muy variable difícil de controlar	Controlada, estable fácil de observar y corregir
Espaciamiento	Limitado a la fertilidad	Densidades mayores, mejor uso de espacio y la luz.
Control de malezas	Presencia de malezas	Prácticamente inexistentes
Enfermedades y patógenos	Enfermedades del suelo	No existen patógenos del suelo
Agua	Plantas sufren estrés ineficiente uso de agua	No existe estrés hídrico pérdida casi nula

Fuente: Gilsanz Juan C. (Programa Nacional de Producción Hortícola, 2007)

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1. Localización

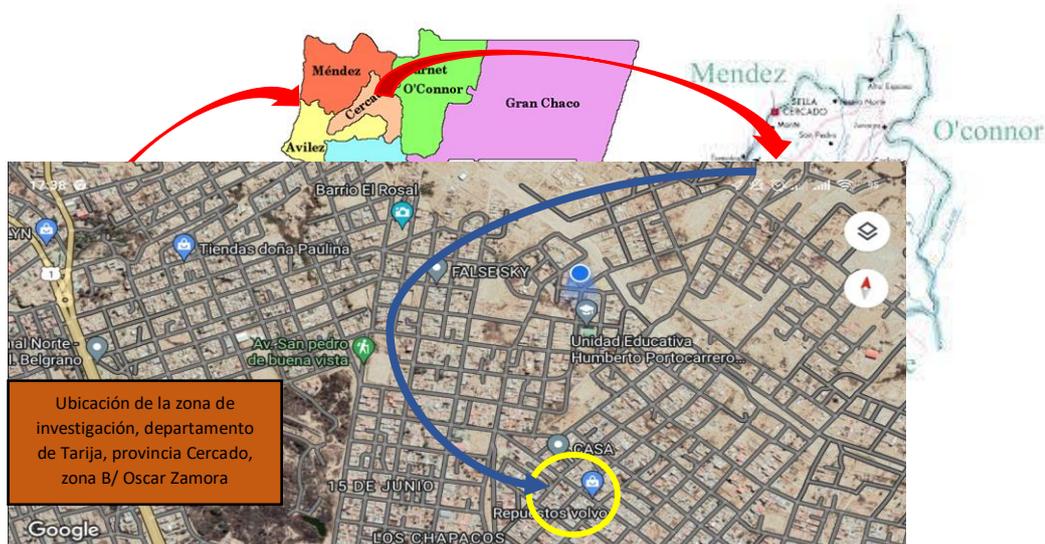


La presente investigación se realizó en un medio ubicado en el barrio Oscar Zamora ubicada en la provincia Cercado del departamento de Tarija, como se muestra en la siguiente figura:

2.2. Ubicación

El área de estudio está ubicada en las siguientes coordenadas $21^{\circ}30'01.4''S$ $64^{\circ}44'15.4''W$

Figura 1. Ubicación del medio de la investigación



Fuente: Elaboración propia

2.3. Características agroecológicas

2.3.1. Clima

El clima es cálido y seco característico de los valles, con una temperatura promedio de 18 grados centígrados, en invierno se presentan vientos fríos del sur que producen descensos bruscos de temperatura que se denominan “surazos”

Resumen climatológico del departamento de Tarija-provincia Cercado

Detalle	Unidad	Anual
Temperatura máxima media	°C	26.1
Temperatura mínima media	°C	9.7
Temperatura media	°C	17.9
humedad relativa	%	60
Nubosidad media	Octas	4
Insolación media	Hrs	6.7
Presión barométrica	hPa	814.0
precipitación	mm	599.5
Velocidad de viento	Km/hr	6.0

Fuente: SENAMHI (2018)

2.3.2. Vegetación

En la zona se presenta una vegetación predominante por las condiciones climatológicas entre los principales podemos encontrar:

Árboles forestales

Nombre común	Nombre científico	Familia
Churqui	<i>Acacia caven mol.</i>	Leguminoseae
Molle	<i>Schinus molle L.</i>	Anacardiceae
Sauce	<i>Salix humboldtiana willd</i>	salicaceae
Chañar	<i>Geophroea decorticans</i> (Gill. Ex H. et A.) Burk	Leguminoseae

Cultivos frutales

Nombre común	Nombre científico	Familia
Duraznero	<i>Prunus pérsica (L.) Batsch</i>	Rosaceae
Vid	<i>Vitis vinífera L.</i>	Vitaceae
Higuera	<i>Ficus carica L.</i>	Moraceae

Frutilla	<i>Fragaria chiloensis L.</i>	Rosaceae
----------	-------------------------------	----------

Hortalizas

Nombre común	Nombre científico	Familia
Cebolla	<i>Allium cepa L.</i>	Liliaceae
Lechuga	<i>Lactuca sativa L.</i>	Compositae
Arveja	<i>Pisum sativum L.</i>	Leguminosae
Haba	<i>Vicia faba L.</i>	Leguminosae
Maíz	<i>Zea mays L.</i>	Poaceae
Pepino	<i>Cucumis sativus L.</i>	Cucurbitaceae
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Solanaceae
Acelga	<i>Beta vulgaris L. var, cicla L.</i>	Chenopodiaceae

Cultivos tradicionales

Nombre común	Nombre científico	Familia
Papa	<i>Solanum tuberosum L.</i>	Solanaceae
Maíz	<i>Zea mays L.</i>	Poaceae

2.4.MATERIALES

2.4.1. Material vegetal

Semillas de pepino (*Cucumis sativus L.*)

Tabla 7. Características de las semillas de pepino (*Cucumis sativus L.*)

variedad	eureka
% de pureza	99%
% de germinación	98%
Fecha de envasado	07/2021

2.4.2. Materiales para la construcción del sistema hidropónico

Los materiales utilizados para la construcción del sistema hidropónico fueron:

Tabla 8. Materiales para la construcción del sistema hidropónico

Materiales	Unidad	Cantidad
Sustrato perlita	L	300
Sustrato Cascarilla de arroz	L	300
macetas	Pieza	32
Bandeja de almacenado	pieza	1 (72 celdas)
Tubos PVC de 1 pulgada de diámetro	Pieza	1
Tubos PVC de 2` pulgadas de diámetro	Pieza	5

Tubos PVC de ½ pulgada de diámetro	Pieza	6
Codos PVC de pulgadas de diámetro	Pieza	38
Tubos en forma de “T” de 2 pulgadas de diámetro	Pieza	31
Codos PVC de ½ pulgada de diámetro	Pieza	6
Codos de 1 pulgada de diámetro	Pieza	1
Tubos en forma de “T” de ½ pulgada de diámetro	Pieza	4
Tacho de agua de 450 L	Pieza	1
Goterros	Pieza	32
Unión universal ½ pulgada de diámetro	Pieza	3
Unión universal 1 pulgada de diámetro	Pieza	1
Bomba de agua de 1/2 hp	Pieza	1
Temporizador o timer	Pieza	1
Contactador	Pieza	1
Térmico	Pieza	1
Caja eléctrica	Pieza	1
Chupador	Pieza	1
Hilo de caña	Metros	100

Fuente: elaboración propia

2.4.3. Materiales para la construcción del invernadero

Para la construcción del invernadero se utilizó los siguientes materiales:

Tabla 9. Materiales para la construcción del invernadero

Materiales	Unidad	Cantidad
listones de madera (3 metros)	Pieza	26
Listones de madera (4 metros)	pieza	8
Nylon	metros	56
Alambre de construcción	kilos	2
Clavos de 1 pulgada	bolsa	1

Fuente: elaboración propia

2.5. Equipo de apoyo

- pH metro
- Conductímetro
- Balanza
- Cinta métrica

2.6. Metodología

El trabajo de investigación fue de manera comparativa, en donde se utilizó dos tratamientos (cascarilla de arroz y perlita), para ello se realizó la prueba de hipótesis para determinar cuál de estos tratamientos nos da el mejor rendimiento del pepino (*Cucumis sativus* L.)

Para ello se construyó dos sistemas hidropónicos cada uno con un diferente sustrato (cascarilla de arroz y perlita) que tuvo la función de soporte para la raíz.

Ambos sistemas fueron construidos de la misma manera en cuanto a estructura.

Para la investigación se utilizó la prueba de hipótesis

2.6.1. Características del diseño

Numero de tratamientos	2
Numero de replicas	16
Total, de plantas	32

2.6.2. Descripción de los tratamientos

Tratamiento “a” = sustrato perlita (a)

Tratamiento “b” = sustrato cascarilla de arroz (b)

Figura 2. Croquis del sistema hidropónico con sustrato perlita y cascarilla de arroz

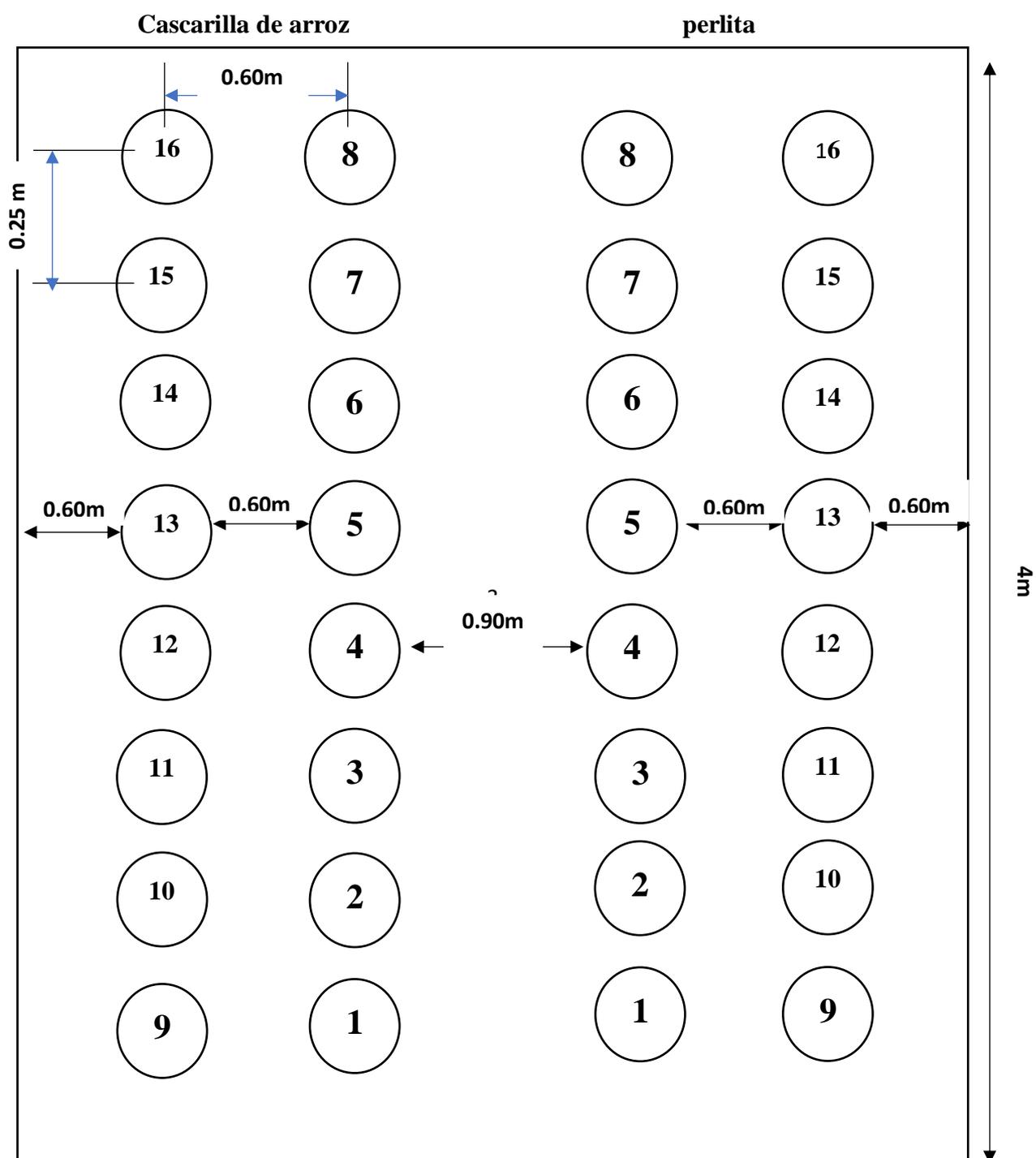


Figura 3. Croquis del invernadero donde se realizó la investigación

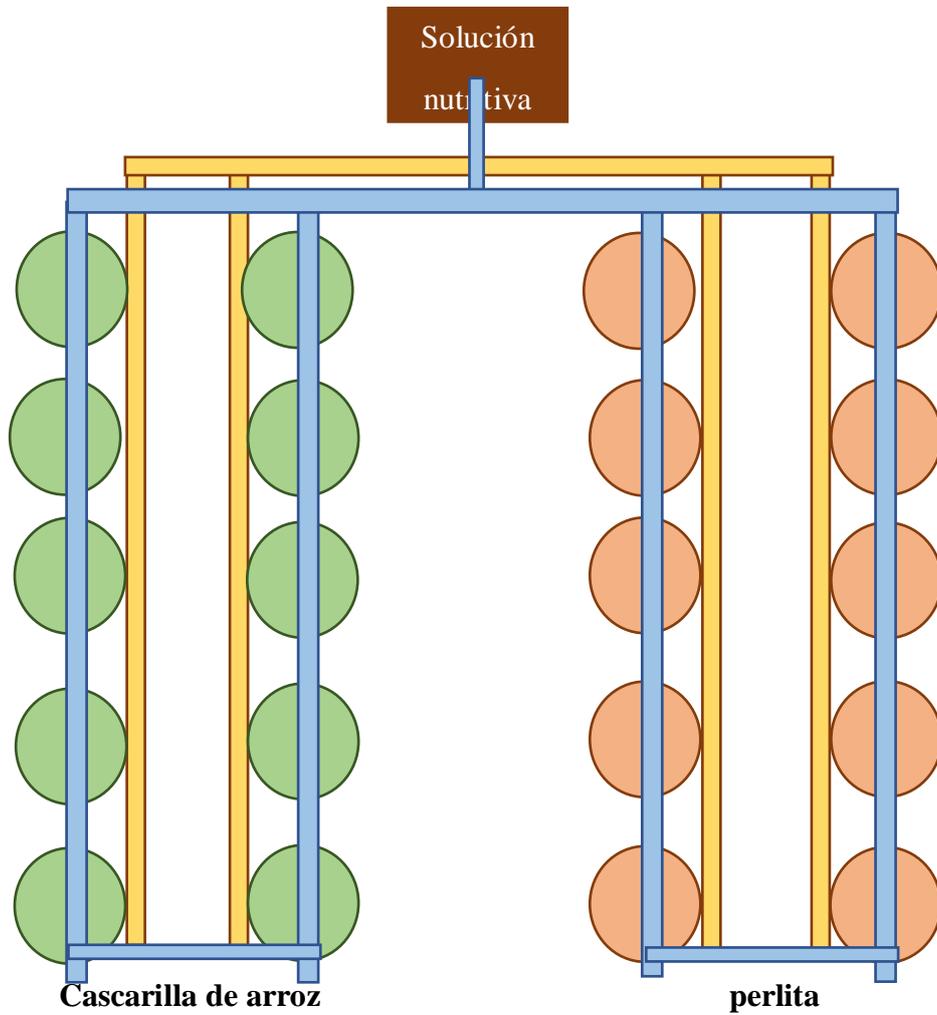
3m

Fuente: elaboración propia





Figura 4. Estructura referencial del sistema hidropónico que será utilizado en la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.)



- solución nutritiva
- Sistema de riego
- Sistema de recuperación
- Sustrato perlita
- Sustrato cascarilla de arroz

2.7. Procedimiento experimental

2.7.1. Construcción del invernadero

Construcción del invernadero a base de madera y nylon con una medida de 8 m de largo, 4 m de ancho y 3 m de alto con una caída de 2.8 m de alto, una vez terminada la estructura se procedió a cubrirlo con nylon todo el invernadero.

2.7.2. Construcción de sistema hidropónico

La construcción del sistema hidropónico se realizó por pasos los cuales fueron:

Paso 1. Construcción de la base. Se hizo la base a partir de ladrillos dejando una leve inclinación para que la solución regrese al tanque.

Paso 2. Construcción de las macetas para el módulo. Se condiciono las macetas a requerimiento del sistema hidropónico perforando la base con ayuda de un taladro con un diámetro de 2" por donde se acoplo un codo PVC de 2",

Paso 3. Instalación del sistema de recuperación. Para el sistema de recuperación se unió todas las macetas con un tubo PVC de 2". Con una inclinación y dirección hacia el tanque de solución nutritiva.

Cabe recalcar que es muy importante realizar una prueba de recuperación en este punto por si hay fallas o fugas, todo esto para corregirlo de una manera más fácil.

Paso 4. Preparación del sustrato Se desinfecto los sustratos con lavandina al 1% dejándolo actuar por 24 hrs, se llenó las macetas con cada sustrato correspondiente al volumen adecuado.

Paso 5. Instalación del sistema de distribución. Para la distribución o riego se utilizó tubos PVC de ½" ubicada sobre las macetas, se procedió a realizar una perforación sobre cada maceta por donde se realizaba el riego.

Paso 6. Instalación de la bomba de agua. La bomba con una potencia de ½ hp, se instaló en el centro del módulo hidropónico junto al tanque de solución nutritiva, en la parte de succión de instalo tubo PVC de 1" con dirección al tanque y al final del tubo se le puso un chupador con el fin de que el agua no retorne.

Paso 7. Instalación de temporizador o timer. Para la instalación del temporizador se combinó con un térmico y un contactor realizando toda la conexión correspondiente, se procedió a conectar a una fuente de electricidad y a la bomba.

Al final se realizó la configuración del tiempo de riego a base las necesidades del cultivo.

Tabla 10. Temporizador para el riego del módulo

Tiempo en min.		Tiempo parcial
Encendido	Apagado	
06:00 - 06:05	06:05 – 09:00	5 min.
09:00 – 09:05	09:05 – 11:00	5 min.
11:00 – 11:06	11:06 – 13:00	6 min.
13:00 – 13:06	13:06 – 15:00	6 min.
15:00 – 15:06	15:06 – 18:00	6 min.
18:00 – 18:05	18:05 – 06:00	5 min.
Total, de riego diario en hrs.		33 min

Fuente: elaboración propia

2.7.3. Preparación de la solución nutritiva

Para la preparación de la solución nutritiva se hizo una formulación a base de los requerimientos del cultivo, todo esto con ayuda de mi profesor guía.

Para preparar 1000 litros de solución se tiene que utilizar:

- 5 litros de solución A concentrada
- 5 litros de solución B concentrada
- 5 litros de solución C concentrada

Elementos esenciales para la solución nutritiva: Mg, S, Fe, Bo, Cu, Zn, Mo, Mn.

- Sulfato de magnesio
- Quelato de hierro
- Ácido bórico
- Sulfato de cobre
- Sulfato de zinc
- Molibdato de amonio
- Sulfato de manganeso

2.7.4. Almacigo

Para el almacigado se utilizó bandejas de germinación de 72 celdas la cual se desinfecto utilizando lavandina al 1%.

Para la germinación de las semillas se utilizó sustrato universal el cual anteriormente se desinfecto con lavandina al 1%, se colocó la semilla a 1 cm de profundidad.

Se realizo el riego cada 2 días durante 30 días.

2.7.5. Trasplante

Para realizar el trasplante se tuvo en cuenta:

La preparación de la solución nutritiva (450 litros)

El funcionamiento del temporizador y la bomba.

El buen funcionamiento del sistema hidropónico.

Una vez subsanados las fallas se procedió al trasplante, teniendo en cuenta que la raíz esta lo más recta posible y este en el lugar adecuado e los goteros.

2.7.6. Renovación de la solución nutritiva

El cambio de la solución nutritiva se realizó cada 45 días y seguidamente cada 15 días se aumentó el volumen para reponer el agua perdida por absorción de la planta o la evapotranspiración.

2.7.7. pH y conductividad eléctrica

El pepino, además de cultivarse en suelo o en sustrato, también se puede cultivar en sistemas de NFT, NGS y Raíz flotante. El pH ideal para su desarrollo es de 5,5 a 7,0, en su variedad pueden ser lisos o ásperos.

El pH para la investigación fue modificado de acuerdo al requerimiento del cultivo antes de preparar la solución nutritiva.

Inicialmente el pH del agua era de 7.1 y se modificó a 6.1 con ácido fosfórico.

2.7.8. Labores culturales

2.7.8.1. Preparación de los sustratos

Los sustratos se desinfectaron con alabandina al 1% antes de ser colocados en las macetas, este trabajo se realizó 3 días antes de su uso.

2.7.8.2. Tutorado

El tutorado es una práctica imprescindible para mantener una planta erguida, mejorando la aireación general de esta, favoreciendo el aprovechamiento de la radiación solar y la realización de las labores culturales.

2.7.8.3. Poda

La forma más común de podar la planta de pepinillo consiste en eliminar por debajo de los 40 a 50 cm del alto principal todos los brotes que salgan, al igual que las hojas y frutos que se vayan formando.

2.7.8.4. deshojado

Se suprimirán las hojas que se vayan formando en los tallos secundarios dejando un máximo de dos hojas por tallo.

2.8. Tratamientos fitosanitarios

En el ciclo final del cultivo se pudo observar la presencia de araña (tetranychus urticae koch). La cual se trató químicamente con ayuda de ABATHOR.

2.9.Cosecha

La primera cosecha se realizó a partir de los 30 días, siguiendo la cosecha diariamente cada 2 a 3 días.

Siendo la última cosecha a los 91 días después de la germinación.

2.10. PRUEBA DE HIPÓTESIS

En investigaciones del área agropecuaria se tienen que efectuar comparaciones entre dos muestras aleatorias de una misma o diferente población bajo algún parámetro en estudio.

Etapas básicas de la prueba de hipótesis

- ✓ se establece la hipótesis (F de Fisher) $H_0: XA = XB = XC$ (no hay diferencias entre los tratamientos)
- ✓ establecer el nivel de significación o sea la probabilidad con que se trabajara (5% y 1%)
- ✓ determinar los grados de libertad del elemento en cuestión y los del error experimental

Pasos a seguir para la prueba de hipótesis:

1.- Cálculo de la varianza S^2

$$s^2_a = \frac{\Sigma a^2 - \frac{(\Sigma a)^2}{n^2}}{n^2 - 1} \qquad s^2_b = \frac{\Sigma b^2 - \frac{(\Sigma b)^2}{n^2}}{n^2 - 1}$$

2.- Cálculo de la F de Fisher. – Una vez se determinan las varianzas s^2_a y s^2_b se toma la varianza mayor y se divide con la varianza menor, todo esto para determinar si las varianzas son homogéneas o heterogéneas.

$$F = \frac{S^2_{mayor}}{S^2_{menor}}$$

Tomando este valor se compara la F calculada y la F tabulada (5%)

SI: $F_c \leq F_t$: entonces las varianzas son homogéneas

SI: $F_c \geq F_t$: entonces las varianzas son heterogéneas

3.- CALCULO DE Tc DE STUDENT

Se pueden distinguir 4 casos a saber:

1. Caso de $n_a = n_b$ y $s^2_a = s^2_b$ (número de casos iguales con varianzas homogéneas)

2. caso de $n_a = n_b$ y $s^2_a \neq s^2_b$ (numero de casos iguales con varianzas heterogéneas)

3.
$$t_c = \frac{x_a - x_b}{\sqrt{2 \frac{s^2_a + s^2_b}{2} \frac{1}{n}}}$$
 caso de $n_a \neq n_b$ y $s^2_a = s^2_b$
(número de casos varianzas desiguales con homogéneas)

4. caso de $n_a \neq n_b$ y $s^2_a \neq s^2_b$ (numero de casos desiguales con varianzas heterogéneas)

Caso 1
$$t_c = \frac{x_a - x_b}{\sqrt{\frac{s^2_c}{n_a} + \frac{s^2_c}{n_b}}}$$
 Caso 2
$$t_c = \frac{x_a - x_b}{\sqrt{\frac{s^2_a}{n_a} + \frac{s^2_b}{n_b}}}$$

$$t_c = \frac{t_a \frac{s^2_a}{n_a} + t_b \frac{s^2_b}{n_b}}{\frac{s^2_a}{n_a} + \frac{s^2_b}{n_a}}$$

Caso 3

Caso 4

2.11. Obtención de las variables respuesta

2.11.1. Porcentaje de germinación

La germinación inicio a los 7 días, donde se tomó los datos observando los numero de semillas germinadas.

2.11.2. Altura de la planta

Se obtuvieron los datos utilizando un flexómetro y realizando la medición de cada planta.

2.11.3. Numero de hojas

El conteo de las hojas se realizó cada semana y anotando los datos en planillas.

2.11.4. Numero de frutos

El número de frutos se obtuvo sumando todos los datos obtenidos durante todas las cosechas del cultivo.

2.11.5. Peso de frutos

Se pesaron 15 frutos en cada cosecha de los diferentes tratamientos, estos fueron pesados en una balanza en gramos para obtener el promedio de las mismas.

2.11.6. Rendimiento

Se determinó por el número de frutos obtenidos por planta, y comparando con resultados obtenidos los cultivos tradicionales.

2.12. Análisis económico

El análisis económico costo-beneficio es un proceso que se realiza para medir la relación que existe entre los costes de un proyecto y los beneficios que otorga. Su objetivo es determinar si una próxima inversión es rentable o no para una empresa o proyecto.

El análisis económico se realizó a base de el análisis de relación costo/beneficio (B/C)

En base a los tratamientos propuestos se determinó mediante las siguientes ecuaciones matemáticas (CIMMYT, 1988).

Beneficio bruto (BB)

Es llamado también ingreso bruto, es el rendimiento ajustado, multiplicado por el precio del producto, proporcionado por CIMMYT (1988).

ECUACIÓN 1

$$BB = R * PP$$

Donde:

BB = Beneficio Bruto (Bs)

R = Rendimiento Ajustado (Bs)

PP = Precio del producto (Bs)

Costos variables (CV)

Es la suma que varía de una alternativa a otra, relacionados con los insumos, mano de obra, maquinaria, utilizados en cada tratamiento, fertilizantes insecticidas, uso de maquinaria, jornales y transporte, relación proporcionada por CIMMYT (1998).

Costos fijos (CF)

Los costos fijos son aquellos costos que se mantienen para cada campaña de producción y que no están relacionados con la producción final. El costo fijo no se aumenta o disminuye la producción.

Costos totales (CT)

Es la suma del costo total variable más el costo total fijo. Se suman estos dos costos para conocer cuánto de dinero se utilizó en total en un ciclo de producción.

ECUACIÓN 2

$$CT = CV + CF$$

Donde:

CT = Costos totales

CV = Costos variables

CF = Costos fijos

Beneficio neto (BN)

Es el valor de todos los beneficios brutos de la producción (BB), menos los costos de producción (CP).

ECUACIÓN 3

$$BN = B - CP$$

Donde:

BN = Beneficios netos (Bs)

BB = Beneficios Brutos (Bs)

CP = Costos de producción (Bs)

Relación beneficio/costo (B/C)

Es la relación que existe entre los beneficios brutos (BB), sobre los costos de producción (CP).

ECUACIÓN 4

$$B/C = \frac{BB}{CP}$$

Donde:

B/C = Beneficio Costo (Bs)

BB = Beneficios Brutos (Bs)

CP = Costos de Producción (Bs)

Relaciones de interpretación:

Cuando:

(B/C) > Aceptable

(B/C) = Dudoso

(B/C) < Rechazado

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Variables respuesta

3.1.1. Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación se determinó del número total de semillas a los 7 días de después de la siembra del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en bandejas de germinación y los datos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11. Porcentaje de germinación de pepino (*Cucumis sativus* L.)

Total, de semillas sembradas	72
Total, de semillas germinadas	65
Porcentaje de germinación	90%

Fuente: elaboración propia

3.1.2. Altura de la planta a los 15 días

En el siguiente cuadro, se comparan gráficamente las medias de los dos diferentes sustratos perlita (Tratamiento “a”) y cascarilla de arroz (Tratamiento “b”).

Gráfico 1. Comparación de medias para la altura de la planta a los 15 días



Fuente: elaboración propia

3.1.2.1. Prueba de hipótesis para el alto de la planta a los 15 días

A continuación, se muestran los datos y resultados de la prueba de hipótesis para el alto de la planta a los 15 días en los dos diferentes sustratos en sistema hidropónico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

Tabla 12. ANOVA de la altura de la planta a los 15 días del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

ANOVA de alto de la planta a los 15 días	
n° réplicas	16
Gl	15
S2 a	8,65
S2 b	3,50
Fc	2,47
Ft	6
tc	0,00
Tt (5%)	2,13

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 12, de la prueba de hipótesis observamos que $t_c = 0.00$ es menor que $T_t = 2.13$, teniendo este resultado es posible afirmar que no existe diferencias significativas entre el Tratamiento “a” y el Tratamiento “b”.

Según la comparación de medias que se observa en el gráfico 1, ambos tratamientos no tienen diferencias, con una media de 0.28 ambos tratamientos se mantienen iguales.

Según Silva (2015), obtuvo resultados en el sistema convencional de 8.44 cm a los 15 días en el alto de la planta de pepino (*Cucumis sativus* L.).

En la presente investigación se obtuvo resultados mejores en el sistema hidropónico con un promedio de 28 cm a comparación del estudio realizado por Silva (2015).

3.1.3. Altura de la planta a los 30 días

En el siguiente cuadro, se comparan gráficamente las medias de los dos diferentes sustratos perlita (Tratamiento “a”) y cascarilla de arroz (Tratamiento “b”).

Gráfico 2. Comparación de medias para el alto de la planta a los 30 días



Fuente: elaboración propia

3.1.3.1. Prueba de hipótesis para la altura de la planta a los 30 días

A continuación, se muestran los resultados de la prueba de hipótesis para el alto de la planta a los 30 días en los dos diferentes sustratos en sistema hidropónico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

Tabla 13. ANOVA de la altura de la planta a los 30 días del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

ANOVA de alto de la planta a los 30 días	
nº réplicas	16
G1	15
S2 a	116
S2 b	193
Fc	1.66
Ft	1.67
tc	0.30

Tt (5%)	2,13
---------	------

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 13, de la prueba de hipótesis observamos que $t_c = 0.30$ es menor que $T_t = 2.13$, teniendo este resultado es posible afirmar que no existe diferencias significativas entre el Tratamiento “a” y el Tratamiento “b”.

Según la comparación de medias que se observa en el gráfico 2, el mejor tratamiento fue el de sustrato perlita (Tratamiento “a”) con un promedio de 1.19 metros de alto de la planta, seguidamente el sustrato cascarilla de arroz (Tratamiento “b”) con un promedio de 0.98 metros de alto de la planta.

Según Silva (2015), obtuvo resultados en el sistema convencional de 22.53 cm a los 30 días de alto de la planta de pepino (*Cucumis sativus* L.).

en la presente investigación se obtuvo mejores resultados en el sistema hidropónico con un promedio de 1.08 cm a comparación del estudio realizado por silva (2015).

3.1.4. Altura de la planta a los 45 días

En el siguiente cuadro, se comparan gráficamente las medias de los dos diferentes sustratos perlita (Tratamiento “a”) y cascarilla de arroz (Tratamiento “b”).

Gráfico 3. Comparación de medias para el alto de la planta a los 45 días



Fuente: elaboración propia

3.1.4.1. Prueba de hipótesis para la altura de la planta a los 45 días

En la siguiente tabla se detallan los datos de la prueba de hipótesis para el alto de la planta a los 45 días en los dos diferentes sustratos en sistema hidropónico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

Tabla 14. ANOVA de la altura de la planta a los 45 días del cultivo de pepino (Cucumis sativus L.)

ANOVA de alto de la planta a los 45 días	
n° réplicas	16
G1	15
S2 a	256.2
S2 b	247.6
Fc	1,03
Ft	161
tc	0,36
Tt (5%)	2,13

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 14, de la prueba de hipótesis observamos que $t_c = 0.36$ es menor que $T_t = 2.13$, teniendo este resultado es posible afirmar que no existe diferencias significativas entre el Tratamiento “a” y el Tratamiento “b”.

Según la comparación de medias que se observa en el gráfico 3, el mejor tratamiento fue el de sustrato perlita (Tratamiento “a”) con un promedio de 2.02 metros de alto de la planta, seguidamente el sustrato cascarilla de arroz (Tratamiento “b”) con un promedio de 1.70 metros de alto de la planta.

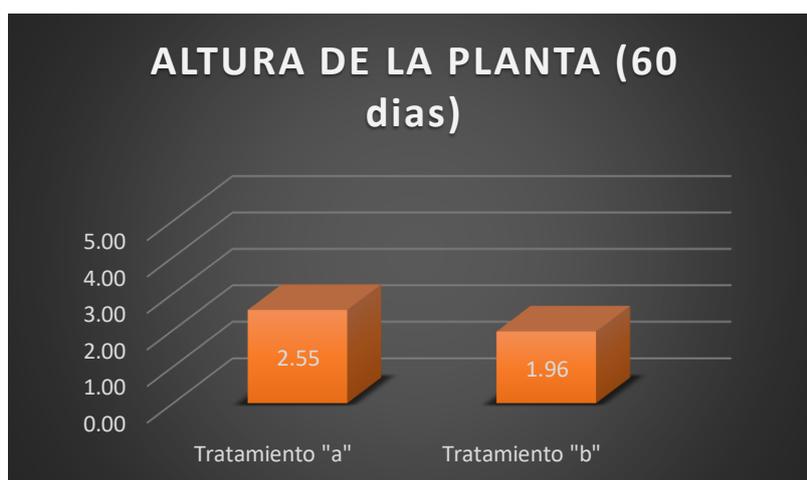
Según Silva /2015), obtuvo resultados en el sistema convencional de 68.18 cm de alto a los 45 días del alto de la planta de pepino (Cucumis sativus L.).

En la presente investigación se obtuvo mejores resultados con un promedio de 1.86 m de alto de la planta a los 45 días en el sistema hidropónico de pepino (Cucumis sativus L.)

3.1.5. Altura de la planta a los 60 días

En la siguiente tabla, se comparan gráficamente las medias de los dos diferentes sustratos perlita (Tratamiento “a”) y cascarilla de arroz (Tratamiento “b”).

Gráfico 4. Comparación de medias para la altura de la planta a los 60 días



Fuente: elaboración propia

3.1.5.1. Prueba de hipótesis la altura de la planta a los 60 días

A continuación, se muestran los resultados de la prueba de hipótesis para el alto de la planta a los 60 días en los dos diferentes sustratos en sistema hidropónico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

Tabla 15. ANOVA de la altura de la planta a los 60 días del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

ANOVA de alto de la planta a los 60 días	
n° réplicas	16
G1	15
S2 a	258.2
S2 b	315
Fc	1,22
Ft	1.67
tc	0,62
Tt (5%)	2,13

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 15, de la prueba de hipótesis observamos que $t_c = 0.62$ es menor que $T_t = 2.13$, teniendo este resultado es posible afirmar que no existe diferencias significativas entre el Tratamiento “a” y el Tratamiento “b”.

Según la comparación de medias que se observa en el gráfico 4, el mejor tratamiento fue el de sustrato perlita (Tratamiento “a”) con un promedio de 2.55 metros de alto de la planta, seguidamente el sustrato cascarilla de arroz (Tratamiento “b”) con un promedio de 1.96 metros de alto de la planta.

Según Silva (2015), obtuvo un resultado en el sistema convencional de 2.27 m del alto de la planta a los 60 días.

En la presente investigación se obtuvo resultados de un promedio de 2.55 m de Tratamiento “a” y seguidamente 1.96 m de Tratamiento “b”.

3.1.6. Número de hojas a los 15 días

En el siguiente cuadro, se comparan gráficamente las medias de los dos diferentes sustratos perlita (Tratamiento “a”) y cascarilla de arroz (Tratamiento “b”).

Gráfico 5. Comparación de medias para el número de hojas a los 15 días



Fuente: elaboración propia

3.1.6.1. Prueba de hipótesis para el número de hojas a los 15 días

En la siguiente tabla, se muestran resultados de la prueba de hipótesis para el número de hojas a los 15 días en los dos diferentes sustratos en sistema hidropónico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

Tabla 16. ANOVA número de hojas a los 15 días del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

ANOVA de número de hojas a los 15 días	
n° réplicas	16
G1	15
S2 a	0,60
S2 b	0,2
Fc	3
Ft	161
tc	0,00
Tt (5%)	2,13

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 16, de la prueba de hipótesis observamos que $t_c = 0,00$ es menor que $T_t = 2,13$, teniendo este resultado es posible afirmar que no existe diferencias significativas entre el Tratamiento “a” y el Tratamiento “b”.

Según la comparación de medias que se observa en el gráfico 5, ambos tratamientos no tienen diferencias, con una media de 6 ambos tratamientos se mantienen iguales.

Según Luna, Urbina (2018), no obtuvieron diferencias en el número de hojas a los 15 días.

3.1.7. Número de hojas a los 30 días

En el siguiente cuadro, se comparan gráficamente las medias de los dos diferentes sustratos perlita (Tratamiento “a”) y cascarilla de arroz (Tratamiento “b”).

Gráfico 6. Comparación de medias para el número de hojas a los 30 días

Fuente: elaboración propia

3.1.7.1. Prueba de hipótesis para número de hojas a los 30 días

A continuación, se muestran resultados de la prueba de hipótesis para el número de hojas a los 30 días en los dos diferentes sustratos en sistema hidropónico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

Tabla 17. ANOVA número de hojas a los 30 días del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

ANOVA de número de hojas a los 30 días	
n° réplicas	16
Gl	15
S2 a	17,00
S2 b	10,2
Fc	1,67
Ft	2,82
tc	0,10
Tt (5%)	2,13

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 17, de la prueba de hipótesis observamos que $t_c = 0,10$ es menor que $T_t = 2,13$, teniendo este resultado es posible afirmar que no existe diferencias significativas entre el Tratamiento "a" y el Tratamiento "b".

Según la comparación de medias que se observa en el gráfico 6, el mejor tratamiento fue el de sustrato perlita (Tratamiento "a") con un promedio de 30 hojas por planta,

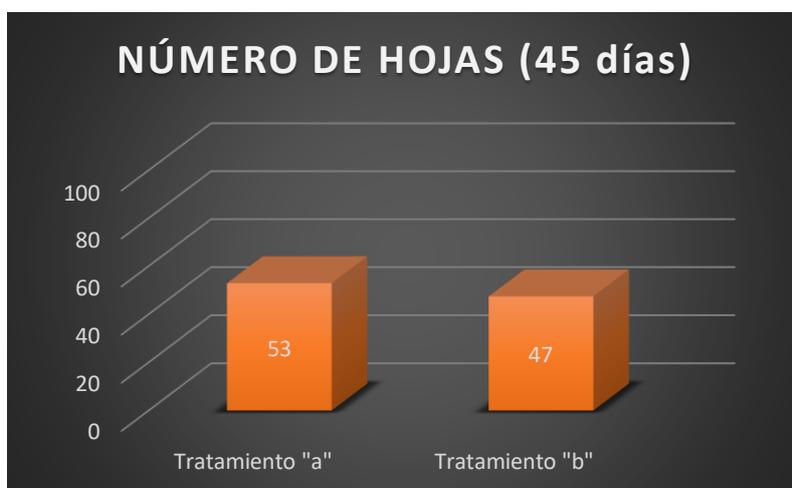
seguidamente el sustrato cascarilla de arroz (Tratamiento “b”) con un promedio de 28 hojas por planta.

Según Luna, Urbina (2018), no obtuvieron diferencias en el número de hojas a los a los 30 días.

3.1.8. Número de hojas a los 45 días

En el siguiente cuadro, se comparan gráficamente las medias de los dos diferentes sustratos perlita (Tratamiento “a”) y cascarilla de arroz (Tratamiento “b”).

Gráfico 7. Comparación de medias para el número de hojas a los 45 días



Fuente: elaboración propia

Según la comparación de medias que se observa en la figura, el mejor tratamiento fue el de sustrato perlita (Tratamiento “a”) con un promedio de 53 hojas por planta, y el sustrato cascarilla de arroz (Tratamiento “b”) con un promedio de 47 hojas por planta.

3.1.8.1. Prueba de hipótesis para el número de hojas a los 45 días

A continuación, se muestran resultados de la prueba de hipótesis para el número de hojas a los 45 días en los dos diferentes sustratos en sistema hidropónico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

Tabla 18. ANOVA número de hojas a los 45 días del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

ANOVA de número de hojas a los 45 días	
n° réplicas	16
G1	15
S2 a	3,66
S2 b	42,4
Fc	11,58
Ft	8,60
tc	3,54
Tt (5%)	2,13

Fuente: elaboración propia

Según la comparación de medias que se observa en el gráfico 7, el mejor tratamiento fue el de sustrato perlita (Tratamiento “a”) con un promedio de 53 hojas por planta, seguidamente el sustrato cascarilla de arroz (Tratamiento “b”) con un promedio de 47 hojas por planta.

Como se puede observar en la tabla 18, de la prueba de hipótesis observamos que $tc = 3.54$ es mayor que $Tt = 2.13$, teniendo este resultado es posible afirmar que sí existe diferencias significativas entre el Tratamiento “a” y el Tratamiento “b”.

Según Luna, Urbina (2018), obtuvieron diferencias en el número de hojas a los 45 días.

3.1.9. Número de hojas a los 60 días

En el siguiente cuadro, se comparan gráficamente las medias de los dos diferentes sustratos perlita (Tratamiento “a”) y cascarilla de arroz (Tratamiento “b”).

Gráfico 8. Comparación de medias para el número de hojas a los 60 días



Fuente: elaboración propia

3.1.9.1. Prueba de hipótesis para el número de hojas a los 60 días

A continuación, se muestran resultados de la prueba de hipótesis para el número de hojas a los 60 días en los dos diferentes sustratos en sistema hidropónico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

Tabla 19. ANOVA número de hojas a los 60 días del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

ANOVA de número de hojas a los 60 días	
nº réplicas	16
Gl	15
S2 a	12,92
S2 b	66,5
Fc	5,15
Ft	2,21
tc	1,35
Tt (5%)	2,13

Fuente: elaboración propia

Según la comparación de medias que se observa en el gráfico 8, el mejor tratamiento fue el de sustrato perlita (Tratamiento “a”) con un promedio de 69 hojas por planta, seguidamente el sustrato cascarilla de arroz (Tratamiento “b”) con un promedio de 66 hojas por planta.

Como se puede observar en la tabla 19, de la prueba de hipótesis observamos que $t_c = 1.35$ es menor que $T_t = 2.13$, teniendo este resultado es posible afirmar que no existe diferencias significativas entre el Tratamiento “a” y el Tratamiento “b”.

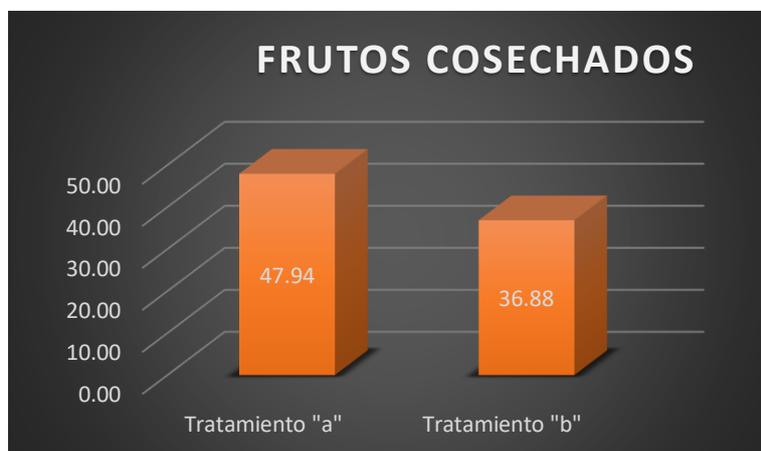
Según Luna, Urbina (2018), obtuvieron un resultado de 75 hojas por planta al final del ciclo del cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.).

La presente investigación tuvo mejores resultados en la etapa final con un promedio de 77 hojas por planta en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.).

3.1.10. Número de frutos cosechados

En el siguiente cuadro, se comparan gráficamente las medias de los dos diferentes sustratos perlita (Tratamiento “a”) y cascarilla de arroz (Tratamiento “b”).

Gráfico 9. Comparación de medias para el número de frutos cosechados



Fuente: elaboración propia

3.1.10.1. Prueba de hipótesis para el número de frutos cosechados

A continuación, se muestran resultados de la prueba de hipótesis para el número de frutos cosechados en los dos diferentes sustratos en sistema hidropónico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

Tabla 20. ANOVA número de frutos cosechados del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

ANOVA de número de frutos cosechados	
Nº réplicas	16
G1	15
S2 a	20,46
S2 b	43,72
Fc	2,14
Ft	2,00
tc	2,30
Tt (5%)	2,13

Fuente: elaboración propia

Según la comparación de medias que se detalla en grafico 9. el mejor tratamiento fue el sustrato perlita Tratamiento “a”, con promedio de 47.94 (48) frutos por planta, seguidamente del sustrato cascarilla de arroz Tratamiento “b” con un promedio de 36.88 (37) frutos por planta.

Como se puede observar en la tabla 20, de la prueba de hipótesis observamos que $t_c = 2.30$ es mayor que $T_t = 2.13$, teniendo este resultado es posible afirmar que sí existe diferencias significativas entre el Tratamiento “a” y el Tratamiento “b”.

Según Vilte (2021), obtuvo resultados en el sistema convencional de 40.40 frutos por planta al final del ciclo de cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.).

La presente investigación obtuvo mejores resultados con un promedio de 47.94 frutos por planta en el Tratamiento “a” y con un 36.88 frutos por planta en el Tratamiento “b”, en el sistema hidropónico.

3.2. Rendimiento

A continuación, en la tabla 21.se detalla el los pasos para calcular el rendimiento del cultivo.

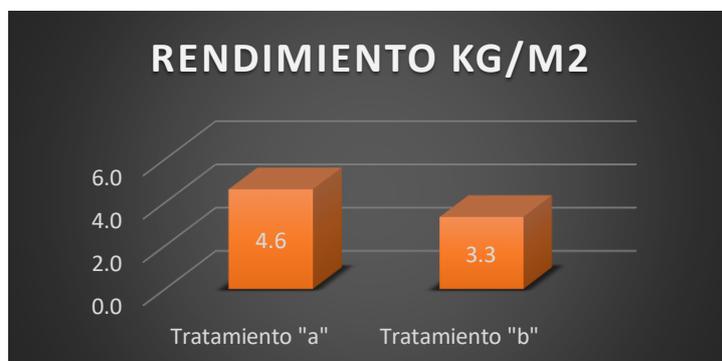
Tabla 21. Rendimiento en kg/m² del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

Rendimiento kg/m ²		
	perlita	cascarilla de arroz
prom. Peso frutos (gr)	16	15
n° frutos/planta	48	37
gramos / planta	768	555
densidad/m ²	6	6
rendimiento (gr)	4608	3330
rendimiento kg/m ²	4,6	3,3
Rendimiento en Ton/ha	46	33

Fuente: elaboración propia

El rendimiento se determino mediante el peso de frutos y en numero de frutos por planta, donde se obtiene los gramos por planta, posteriormente se lo multiplica por la densidad, y se obtiene el rendimiento en kg/m², en este caso (4.6 kg/m²) o (46 ton/ha)

En el siguiente cuadro, se comparan gráficamente las medias de los dos diferentes sustratos perlita (Tratamiento “a”) y cascarilla de arroz (Tratamiento “b”).

Gráfico 10. Comparación de medias para el rendimiento

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos que se detalla en la tabla 21. se observa que el tratamiento “a” perlita obtuvo un rendimiento de 4.6 kg/m² (46 ton/ha), seguidamente del tratamiento “b” cascarilla de arroz con un rendimiento de 3.3 kg/m² (33 ton/ha).

Según Zeas (2016), obtuvo resultados en el sistema semi hidropónico con un rendimiento de 14.98 ton/ha, de pepinillo (*Cucumis sativus* L.).

En la presente investigación se obtuvo resultados mejores con un promedio de 46 ton/ha en el Tratamiento “a” perlita y seguidamente con 33 ton/ha cascarilla de arroz a comparación del estudio realizado por Zeas (2016).

3.3. Análisis económico

Se realizó en análisis económico considerando que el precio del pepinillo en el mercado es de 15 bs por cada kilogramo.

Tabla 22. Relación beneficio/costo

Beneficio /costo		
	Sustrato perlita tratamiento “a”	sustrato cascarilla de arroz Tratamiento "b"
beneficio bruto anual (Bs)	1104	792

costos totales (Bs/año)	477	537
Beneficio/costo (Bs/año)	2.31	1.48

Fuente: elaboración propia

Apreciando el cuadro de beneficio/costo, vemos que existe un retorno económico en el Tratamiento “a” de Bs 2.31 seguido del Tratamiento “b” con un retorno de Bs 1.48 con estos resultados se demuestra que el cultivo de pepinillo hidropónico es una alternativa de producción positiva.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Según los objetivos propuestos y los resultados obtenidos mediante la investigación se realizan las siguientes conclusiones.

- En respuesta al comportamiento agronómico del cultivo de pepino en sistema hidropónico, mediante los datos obtenidos se puede notar que el tratamiento con mejor respuesta en cuanto a comportamiento de la planta fue el Tratamiento “a” perlita, sobre el Tratamiento “b” cascarilla de arroz.
- Con relación a la semilla variedad EUREKA, se notaron buenos resultados en cuanto a resistencia a enfermedades y buenos rendimientos.
- En cuanto a la variante del sustrato mas adecuado se puede afirmar que el sustrato perlita fue quien obtuvo mejores resultados en cuanto a la altura y rendimiento.
- En la variante del análisis económico dependiente del rendimiento, se pudo notar que el Tratamiento “a” perlita tiene mayor rendimiento y por ende mayor ganancia económica.
- El invernadero tuvo una buena respuesta pese a que se colocó en la vivienda, puesto que la hidroponía se trata de producir en lugares con poco espacio, ahorrando agua y obteniendo buenos resultados.

4.2.Recomendaciones

Según los resultados obtenidos en la investigación se puede recomendar lo siguiente:

- Utilizar el tratamiento “a” sustrato perlita, por su mejor comportamiento y un retorno económico superior.
- Se recomienda utilizar la semilla de pepinillo EUREKA, en sistema hidropónico con sustrato perlita.

- Se recomienda a toda persona que tenga conocimiento mínimo en hidroponía, implementar este método de producción hidropónica con sustrato perlita, ya que el beneficio económico es superior.
- Continuar con la investigación, implementando nuevas variedades de semillas, nuevas soluciones nutritivas, otros sustratos, etc.