



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

COMPLEJO REGIONAL MIXTECA

IZÚCAR DE MATAMOROS

**LICENCIATURA EN INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**

**“EVALUACIÓN COMPARATIVA DE UN SISTEMA DE
PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA DE PEPINO AMERICANO
VARIEDADES 543 Y 21-SL971 EN EL PARQUE
AGROINDUSTRIAL TLAPANALÁ”**

TESIS

Que para obtener el Título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Presenta:

VÍCTOR RODRÍGUEZ FLORES

Asesor:

Dr. JOSÉ ROBERTO ZÚÑIGA SILVA

SEPTIEMBRE 2022

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por darme la vida y una familia, por siempre acompañarme y cuidarme en cada instante de mi vida, por todas las bendiciones a lo largo de mi vida y por permitirme alcanzar el logro más importante en mi vida . “GRACIAS DIOS MIO”.

A mis padres: Por haberme dado lo mejor y por siempre guiarme por el buen camino, por apoyarme en cada decisión que tomo y darme la oportunidad de superarme, muchas gracias por que nunca me ha faltado nada.

A mi novia: Por estar siempre a mi lado apoyándome y motivándome para seguir adelante, por ser un ejemplo para seguir y enseñándome a salir adelante frente a las adversidades y por su amor incondicional.

A Jorge Luis Flores Chan: Por creer en mí y apoyarme desde el inicio, por ser como un hermano mayor que me guio con sus consejos y por estar siempre que lo necesite, estaré agradecido toda la vida.

A mis maestros: Por haber contribuido a mi formación y compartirme su conocimiento en todo momento, especialmente al Dr. José Roberto Zúñiga Silva por ser un excelente maestro, por apoyarme todo el tiempo resolviendo mis dudas y por todo el tiempo que dedico para el éxito de mi investigación. Muchas gracias.

“Muchas gracias a todos”.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
3. JUSTIFICACIÓN.....	9
4. OBJETIVO GENERAL.....	10
5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
6. HIPÓTESIS	10
7. MARCO TEÓRICO.....	11
8. MARCO METODOLÓGICO.....	38
9. RESULTADOS	45
10. CONCLUSIONES.....	54
11. REFERENCIAS.....	56

RESUMEN

Para la evaluación del cultivo hidropónico de pepino en invernadero tipo malla, se seleccionaron las variedades 543 y 21SL-971 de pepino americano, fueron consideradas dos variables: 1) Desarrollo fisiológico, evaluado en función del crecimiento de las variedades para identificar el comportamiento durante el ciclo de vida del cultivo iniciando a partir de los catorce días después de trasplante; y 2) Productividad, la cual se evaluó de principio a fin de la cosecha, estableciendo los parámetros de calidad para frutos de primera, segunda y tercera calidad, tomando en cuenta las características de comercialización como son color uniforme, daño mecánico, presencia de agentes patógenicos y alteraciones en la forma del fruto en donde se consideró la medición de longitud clasificando los frutos de acuerdo al tamaño mediano, largo y extralargo.

Dentro de los factores evaluados en este estudio el tipo de sustrato utilizado en el sistema hidropónico no presento diferencias significativas con respecto al rendimiento de productividad del fruto, no obstante es importante considerar las condiciones climáticas que se presentaron durante la temporada del cultivo pues el incremento de humedad debido a las precipitaciones pluviales favoreció la aparición de hongos principalmente Mildiu lo cual afecta la calidad de los frutos debido a la aparición de signos o daños producidos por los agentes patógenos.

La variedad 543 tuvo mejor resultado dentro de la clasificación de tamaño, la cantidad de frutos con una longitud que entra en la clasificación de mediano fue menor; mientras que se presentaron diferencias significativas en la producción de

frutos de mayor longitud, este comportamiento se relacionó directamente con las características específicas de esta variedad, así mismo, la cual fue identificada como resistente a climas adversos debido a que se obtuvieron menos pérdidas por merma en la producción. Por lo que sería la variedad de mayor potencial para producir frutos de buena calidad y de mayor longitud que cumplen con las especificaciones comerciales. Con base a los resultados obtenidos en este estudio se recomendaría utilizar la variedad 21-SL971 si lo que se pretende es obtener frutos de mayor longitud. Sin embargo, se analizaría establecer el cultivo en otra época del año, con un clima menos lluvioso.

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura protegida tiene como finalidad generar el máximo rendimiento agrícola utilizando técnicas que maximicen la producción intensiva a partir del aislamiento de las condiciones naturales, manipulando el cultivo mediante el uso de tecnologías como la climatización, calefacción, humidificación, iluminación, diseño de sistemas de riego entre otras (García-Sánchez, 2018). En este sentido el sistema hidropónico permite contrarrestar los efectos al medio ambiente y favorece la optimización del espacio físico donde con menos superficie se obtiene mayor productividad. En este sistema las raíces de las plantas no se encuentran en el suelo sino que crecen sobre un sustrato, y para esto se utiliza una solución nutritiva en la que se encuentran los elementos requeridos para el desarrollo y el metabolismo de la planta, esta es una de las técnicas más generalizadas en cuanto a su uso (Aquino, 2015) y en los últimos años se ha implementado la misma metodología en distintos tipos de plantas y productos para la alimentación incluyendo las cucurbitáceas.

El pepino (*Cucumis sativus L.*) es una hortaliza perteneciente a dicha familia y debido a sus características organolépticas, utilidad alimenticia y aprovechamiento agroindustrial es una de las hortalizas de mayor demanda en el mercado, ocupa el segundo lugar en importancia entre las hortalizas exportadas en México.

Para la producción de hortalizas en invernadero uno de los factores críticos a considerar es la nutrición que deberán recibir éstas durante el ciclo de cultivo. Dicha nutrición influirá sobre el desarrollo de los frutos, para que cumplan con los criterios de calidad como apariencia, textura, sabor, aroma, composición nutrimental, e incluso defectos (Gruda, 2005).

La producción de pepino en invernadero tiene ventajas con respecto a la agricultura convencional, por ejemplo, el uso de las membranas de plástico que ayudan a contrarrestar efectos como la sequía, la evaporación de la humedad del suelo, heladas y las enfermedades que causan pérdidas económicas. El cultivo de hortalizas como el pepino, pimiento y tomate se ha extendido con el desarrollo de la agricultura protegida.

El fruto es denominado pepónide, éste presenta una diversidad de formas y tamaños (Figura 1), por lo general presenta un color verde con variedad de tonalidades y en cuanto alcanza la madurez fisiológica se manifiestan tonalidades de color amarillo.



Figura 1. Pepónide fruto del Pepino (*Cucumis sativus* L.)

Imagen tomada de <https://foodandtravel.mx/pepino-fruto-antiguo-proveedor-de-agua/>

Para la comercialización se cosecha el fruto inmaduro el cual se clasifica en grupos varietales de acuerdo con sus características cualitativas como el tamaño, forma y color principalmente, no obstante, la clasificación por tamaño es la más común por ser la más fácil de aplicar y de manera general se describe a continuación: (Intagri, 2021).

- a) Pepinos Largos: Longitudes superiores a los 25 cm y hasta los 40 cm, pesos medios desde los 400 g hasta los 500 g y diámetro aproximado de 4 cm. Piel o cáscara lisa o asurcada, tienden a deshidratarse después de cosechados. Frutos de sabor dulce y un color verde oscuro brillante. Son conocidos como tipo holandés, europeo, continental o inglés. Figura 2a.
- b) Pepinos Medianos: Tamaño medio-largos, longitud de entre 20 y 25 cm, peso de entre 300 a 400 g y de 3 a 6 cm de diámetro, forma cilíndrica y piel o cáscara gruesa de color verde oscuro. Son conocidos como tipo Americano, slicer o tipo Francés. Figura 2b.
- c) Pepinos Cortos: Rectos y cilíndricos, con piel o cáscara delgada coloración verde muy oscuro a verde claro; longitudes promedio de 10 a 15 cm. La mayor parte de estos se destinan para encurtidos, su peso promedio oscila entre 70 a 300 g y con 3 a 5 cm. de diámetro. Se les da la denominación de pepinos tipo persa, pepinillos, libanes, entre otras. Figura 2c.



Figura 2. Variedades de Pepino clasificadas de acuerdo con su tamaño

2. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

Cada año surgen nuevos cultivares de pepino, por lo cual debe considerarse el catálogo de variedades que las empresas semilleras ofertan contrastando con su rendimiento. Los productores de hortalizas tienen la libertad de decidir qué variedad de pepino desean cultivar y adquieren la semilla de acuerdo con sus necesidades: No obstante, se requiere conocer y seleccionar la variedad más adecuada, puesto que el objetivo es cultivar aquella que produzca mejores resultados en cuanto a rendimiento y calidad, con menor problemática durante su manejo y que a su vez requiera menor inversión de recursos. La selección del tipo de pepino y la variedad a cultivar debió realizarse en función del rendimiento y el destino comercial del fruto, de la misma manera se tuvo que tomar en cuenta la resistencia a patógenos que producen pérdidas en cultivo. El pepino americano presenta características específicas como son: 1) Precocidad en la producción, 2) Rendimiento en Tamaño y Diámetro, 3) Tolerancia a variabilidad de temperaturas y 4) Resistencia a la humedad.

En el Parque Agroindustrial Tlapanalá ubicado en suroeste del Estado de Puebla en el cual comercializan las variedades 543 y 21-SL971 de pepino americano, la comercialización de estas variedades es importante para el productor debido a que especialmente estas variedades presentan buena producción, sin embargo, la producción se ve limitada por la temporada en la cual se cultiva, así como plagas, y costos de producción. Por lo que este trabajo tiene como finalidad implementar un sistema hidropónico y realizar la evaluación de la productividad de estos cultivares durante su ciclo de cultivo tomando en cuenta variables relacionadas con el

rendimiento como son la elongación de la planta, el área foliar y de igual manera se consideraran los parámetros utilizados para definir la calidad comercial de estos frutos; como resultado de este estudio comparativo podríamos ofrecer a los productores recomendaciones para seleccionar la variedad que sea más conveniente de acuerdo a su intención.

3. JUSTIFICACIÓN

El pepino es una hortaliza con un alta demanda de comercialización principalmente por sus características nutricionales, tales como, el reducido contenido en carbohidratos lo cual se refleja en un bajo aporte calórico; el elevado contenido de agua permite generar saciedad al ser consumido por lo que es recomendado en dietas y se utiliza en diversos platillos , consumiéndolo principalmente fresco. Por esta demanda comercial varios productores apuestan al cultivo de esta hortaliza para incrementar sus ganancias; no obstante, el cultivo de pepino suele ser susceptible a la presencia de plagas principalmente hongos que afectan su rendimiento y su calidad por lo que como alternativa se utilizan estrategias de agricultura protegida como son los sistemas hidropónicos para minimizar las pérdidas. En el caso particular del Parque Agroindustrial Tlapanalá se busca implementar un cultivo hidropónico de pepino con el objetivo de identificar cuál de las dos variedades de pepino americano (543 y 21-SL971) tiene un mayor rendimiento en producción de pepinos con finalidad comercial, clasificados como primera y segunda calidad que son aptos para el mercado. La implementación y evaluación de un sistema de producción hidropónico de pepino americano permitirá a los productores identificar que variedad produce mayor rendimiento tanto en

cantidad como en calidad, tomando en cuenta los factores extrínsecos e intrínsecos de este cultivo en la región de Tlapanalá.

4. OBJETIVO GENERAL

4.1. Comparar el rendimiento y calidad comercial de las variedades 543 y 21-SL971 de pepino americano cultivadas en un sistema de producción hidropónica.

5. OBJETIVOS ESPECIFICOS

5.1.1. Evaluar el desarrollo de los cultivares en las variedades 543 y 21-SL971 de pepino americano en sistema hidropónico.

5.1.2. Determinar que variedad cumple con las características de tamaño, diámetro y peso promedio requeridas para su comercialización.

5.1.3. Comparar el rendimiento de producción en sistema hidropónico entre las variedades 543 y 21-SL971 para identificar la variedad que sea más conveniente para los productores del Parque Agroindustrial Tlapanalá.

6. HIPÓTESIS

El análisis cuantitativo del crecimiento vegetativo permitirá determinar si existen diferencias significativas entre las variedades de pepino americano 543 y 21-SL971. Dicho análisis confirmará cuál de las dos variedades es más productiva y cual cumple con los criterios considerados para su calidad comercial.

7. MARCO TEÓRICO

La hidroponía consiste en un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se encuentran sumergidas en una solución de elementos nutritivos esenciales para el desarrollo y crecimiento de la planta mientras que para el soporte se utiliza un material inerte y estéril o inclusive se mantienen en la misma solución, lo que se denomina cultivo en agua. La mayoría de los sistemas hidropónicos se encuentran en invernadero en donde las raíces reciben un equilibrio de nutrientes disueltos en agua.

En el cultivo de pepino los sistemas hidropónicos más utilizados son los de inmersión o de Gericke, los flotantes, los de recirculación de nutrientes y los de la técnica de flujo laminar de nutrientes (NFT). El cultivo se ha adaptado a sistemas hidropónicos donde se permite el uso de un sustrato que funciona como soporte para las plantas, estos sustratos pueden ser orgánicos o inorgánicos. En estos sistemas hidropónicos es muy común el uso de sistemas de riego por goteo, donde se aplica el agua y los fertilizantes disueltos con todos los minerales esenciales para las plantas, para estos sistemas hidropónicos no existe un sustrato ideal, debido a que cada uno presenta ventajas y desventajas y su elección dependerá de las características del cultivo (Sandí, 2016).

El sustrato en la agricultura se aplica a todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que permite un anclaje del sistema radicular de la planta y un crecimiento óptimo del cultivo, que puede influir en la nutrición. Los sustratos están conformados por tres fases (Ortega, 2017) y cada una de ellas cumple una importante función:

- Fase solida: es la responsable del anclaje de la raíz y asegura la integridad de la planta
- Fase liquida: es muy importante en el suministro de agua y nutrición a la planta
- Fase gaseosa: es la responsable de transportar el dióxido de carbono y oxígeno entre la raíz y el medio externo.

Los cultivos hidropónicos tienen varias ventajas en comparación con los cultivos convencionales (Beltrano & Gimenez, 2015):

- Cultivos libres de parásitos, bacterias, hongos y contaminación
- Reducción de costos de producción (Menor uso de maquinaria agrícola)
- Permite producir cosechas independientemente de los climas
- Optimización de espacio y capital para una mayor producción
- Ahorro en recursos (agua, fertilizantes e insecticidas)
- Limpieza e higiene en el manejo del cultivo
- Mayor precocidad de los cultivos, incremento en la calidad del producto
- Automatización, altos rendimientos por unidad de superficie
- Productos libres de químicos no nutrientes

El uso de la hidroponía permite cultivar un mayor número de plantas por metro cuadrado, gracias al control sobre la nutrición vegetal se pueden obtener frutos estandarizados, de mejor tamaño y calidad, el tiempo de desarrollo de la planta se acorta, como ejemplo, en las lechugas donde en tierra su ciclo antes de consumo es de aproximado 3.5 meses, mientras que si utilizamos la técnica de raíz flotante puede cultivarse en aproximadamente mes y medio a partir de la germinación. El

cultivo hidropónico consume mucho menos agua que el cultivo convencional ya que en el cultivo en tierra aproximadamente el 80% del riego se infiltra a las capas inferiores mientras que aproximadamente un 20% se evapora; por otro lado, en un cultivo hidropónico se evita totalmente la infiltración del agua, así como gran parte de la evapotranspiración, ya que el cultivo se realiza en general en dispositivos cerrados con humedad relativa elevada. Entre las desventajas que presenta este sistema es su costo de implementación, además de que se requiere mayor conocimiento para el desarrollo de los cultivos.

La hidroponía resulta en un incremento del rendimiento de la producción de plantas en menor tiempo y en menor espacio en comparación con la agricultura tradicional. Con la implementación de este sistema, la posibilidad de presencia de patógenos es limitada, de la misma manera no existe probabilidad para que las malezas compitan con el cultivo, no obstante, el riesgo de presencia de patógenos fúngicos o bacterianos es una posibilidad debido al estancamiento del suministro de agua (Urrestarazu, 2015).

7.1. Sustrato

Se conoce como sustrato al material que permite anclaje de las raíces de las plantas, retención de agua, aireación y poseer los nutrientes que las plantas necesitan para cumplir con su crecimiento y desarrollo (Rendon, 2015). El cultivo de pepino sin suelo puede ser producido utilizando varios tipos de sustratos, utilizando medios orgánicos como corteza de pino, turba y fibra de coco. Además, se pueden

considerar como sustratos tezontle, perlita, vermiculita, grava arena y lana de roca, estos sustratos en bolsas de polietileno (Zamora, 2017).

7.1.1. Fibra de coco

La fibra de coco se introdujo como sustrato en sistemas de cultivo sin suelo, tiene una presentación de forma deshidratada, comprimida en bolsa de polietileno que recibe el nombre de boli, como se puede apreciar en la figura 3. Se sugiere que antes del uso se realicen ajustes en las soluciones nutritivas y realizar lavado del sustrato para evitar el exceso de sales que pueden afectar el desarrollo del cultivo. Algunas de las características que presenta este sustrato es la alta porosidad, retención suficiente de agua, así como estimula el crecimiento y desarrollo del cultivo. Tiene un espacio poroso del 20% lo que facilita el desarrollo intenso de pelos absorbentes en las raíces del cultivo (Rendón, 2015).



Figura 3. Fibra de coco en bolsa de polietileno. Fuente: Sustramex

7.1.2. Turba o peat moss

Este sustrato ofrece excelentes beneficios para el desarrollo del cultivo, la turba proporciona el 76% en espacio poroso, comparada con otros sustratos de origen orgánico, además de que proporciona un pH óptimo para el desarrollo de las plantas. Una opción muy favorable es la mezcla de peat moss con perlita es sustrato que presenta características físicas y químicas, un adecuado pH, además de la adición de nutrientes que la planta requiere, otra ventaja es que el sustrato puede ser reutilizado para otro ciclo del cultivo, debido a su baja descomposición (Rendón, 2015).



Figura 4. Turba, Peatmoss. Tomada de: <https://hydrocultura.com/products/peat-moss-especial-para-germinacion>.

7.1.3. Perlita

Es un silicato de aluminio de origen volcánico, se transforma de manera industrial mediante tratamiento térmico de 300 a 400°C, en el proceso elimina el agua de sus partículas, terminado el proceso se obtiene un material ligero con alta porosidad y de diferente tamaño de partículas, ese material es comúnmente utilizado y comercializado por la mayoría de los agricultores. Se puede mezclar perlita con vermiculita, se obtiene mayor crecimiento y cantidad de raíces (Rendón, 2015).



Figura 5. Perlita. Tomada de:
https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=362

7.2. Pepino

El pepino (*Cucumis sativus L.*) es una planta herbácea anual de porte rastrero y con zarcillos, la cual es una de sus principales características que distinguen a las cucurbitáceas, es uno de los principales cultivos explotados en ambientes protegidos, con el que se obtiene excelente calidad de frutos, puede ser ideal para conserva y encurtidos, además también es utilizado en cremas nutritivas que son ricas en grasas, proteínas y elementos, por esas razones tiene una alta aceptación

por la población, lo cual se deriva en una alta demanda en el mercado (Olivet Acosta, 2019).

Tabla 1 Clasificación taxonómica del Pepino

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Superdivision	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Orden	Violales
Familia	Cucurbitaceae
Especie	<i>Sativus L.</i>
Nombre común(es)	Pepino

7.2.1. Morfología de la planta

Raíces: tiene una raíz principal, pivotante de alrededor de 60 cm, que se ramifica rápidamente para dar lugar a las raíces secundarias superficiales finas, alargadas y de color blanco característico, las cuales se tornan de color amarillo al envejecer. En condiciones óptimas las raíces pueden crecer hasta 30 cm al día.

Tallo: el cual es espinoso, flexible, de sección angular, cubierto de pelos, con crecimiento indeterminado, de porte rastroso y trepador. De cada nudo parte una

hoja y un zarcillo en el lado opuesto de la hoja, en la axila de cada hoja se emite un brote lateral y una o varias flores.

Hoja: es un largo peciolo, gran limbo acorazonado, con tres lóbulos más o menos pronunciados (el central más acentuado y generalmente acabado en punta), con los bordes dentados, recubiertas de vellosidad fina, con un tacto áspero mucho mas perceptible en las hojas viejas y con nervios muy pronunciados por el envés. Las hojas se desarrollan en cada nudo del tallo junto a los zarcillos, color verde claro cuando son jóvenes y de tono oscuro y quebradizo las hojas más bajas de la planta

Flor: tiene un corto pedúnculo y pétalos de color amarillo, 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 femeninas, en la actualidad la absolutamente todas las variedades comerciales que se cultivan son planta ginóicas, es decir, sólo poseen flores femeninas que se distinguen claramente de las masculinas porque son portadoras de un ovario ínfero (Zamudio Gonzales, 2014). La productividad del cultivo depende de la cantidad de flores femeninas que tenga pues estas se convertirán en frutos.

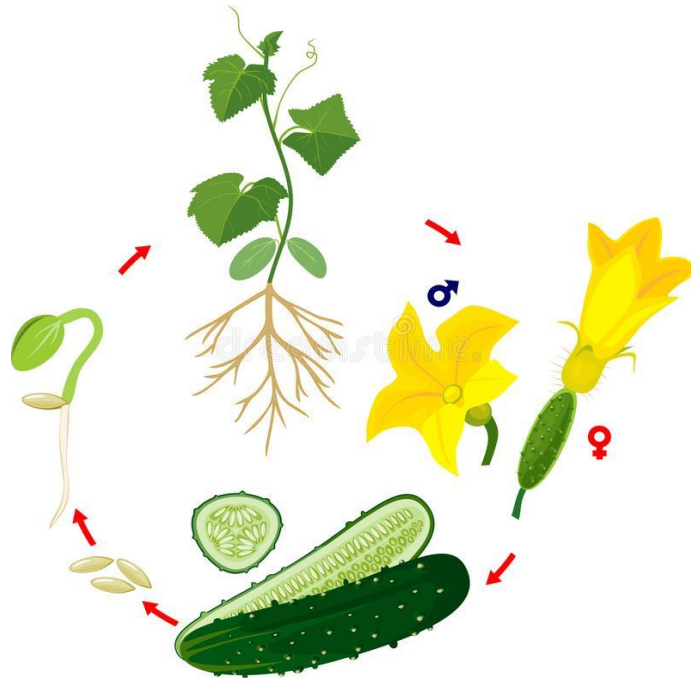


Figura 6 Morfología del Pepino

Tomada de <https://es.dreamstime.com/partes-de-la-planta-morfolog%C3%ADa-del-pepino-con-las-frutas-flores-hojas-verde-y-el-sistema-ra%C3%ADz-en-fondo-blanco-image126171908>

Las flores que aparecen en los primeros nudos son masculinas y a continuación aparecen las femeninas que luego son las predominantes, véase en la figura 6. Al inicio las yemas son potencialmente bisexuales y con el tiempo la planta las diferencia en función de las condiciones, genotipo y del equilibrio hormonal entre auxinas y giberelinas. Por otra parte, se puede influir en el sexo de las flores a través de aplicaciones de sustancia como etefón, este producto también es utilizado para aumentar la precocidad y el rendimiento del pepino (Agroes, s.f.)

7.3. Frutos partenocárpicos

La fructificación de las flores a través del polen masculino en algunas ocasiones origina frutos deformados por lo cual es difícil la comercialización, (véase en la figura 7). En esta parte, han evolucionado las técnicas de obtención de frutos

partenocárpico. Las técnicas de partenocarpia, mejoran las variedades de pepino, algunas investigaciones se enfocan en la obtención de frutos partenocárpico (Agroes, s.f.). Las propiedades partenocarpicas se fijan genéticamente de diferentes maneras (efectos mecánicos, términos, electromagnéticos). Así como cualquier híbrido, incluso si los partenocárpico dan semillas, no pueden ascender y convertirse en una planta adulta (Cornet, A. s.f.).



Figura 7: Flor de cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

Tomada de: <https://burea-uinsurance.com/es/caracteristicas-de-los-pepinos-de-las-variedades-partenocarpicas/>.

7.3.1 Características de los partenocárpico

- Abundante floración.
- La altura de las plantas alcanza los dos metros.
- Del mismo tamaño y color.
- Ausencia de amargura al observas las reglas de cultivo.
- Excelente sabor
- Vertibilidad en la aplicación
- Alta calidad de conservación y transportabilidad
- Falta de amarillez.

En los últimos años ha aumentado la superficie de cultivo de pepino protegido debido al aumento de la demanda y porque los productores buscan otros cultivos que requieren menos mano de obra. Algunas de las razones por las cuales tiene mucha demanda es porque, así como sirve de alimento fresco también es utilizado en procesos industriales. Existe mucha diferencia el cultivar pepino en ambiente protegido y en campo abierto, la producción aumenta esto dependiendo del nivel tecnológico, el manejo y las condiciones climatológicas (Olivet Acosta, 2019).

7.4. Valor nutritivo del pepino

Las propiedades nutritivas del pepino tienen especial importancia dado su alto contenido en ácido ascórbico y pequeñas cantidades del complejo vitamínico B esto se puede ver en la tabla 2. En cuanto a minerales es rico en calcio, cloro, potasio, hierro. Las semillas son ricas en aceites vegetales (Méndez, 2016).

Tabla 2 : Valor nutricional del pepino en 100 g de sustancia comestible. Fuente: (Méndez, 2016).

Agua (g)	95.7
Carbohidratos (g)	3.2
Proteínas (g)	0.6-1.4
Lípidos (g)	0.1-0.6
Ácido ascórbico (mg)	11
Ácido pantoténico (mg)	0.25
Valor energético (Kcal)	10-18

Es una hortaliza de bajo aporte calórico debido a su bajo contenido de carbohidratos, proteínas y lípidos, en comparación con otras hortalizas y a su contenido elevado de agua. el pepino también aporta fibra, en menor cantidad vitamina C, provitamina A y vitamina E, y en proporciones aun menores folatos, B1, B2 y B3. En su piel se encuentran cantidades pequeñas de betacaroteno.

En cuanto a los beneficios de la vitamina A es esencial para la visión, el buen estado de la piel y el cabello, así como el buen funcionamiento del sistema inmunológico.

Los folatos intervienen en la producción de glóbulos rojos y blanco, así como la síntesis de anticuerpos del sistema inmunológico

La vitamina E interviene en la estabilidad de las células sanguíneas y en la fertilidad, así como la vitamina C, tiene acción antioxidante e interviene en la formación de colágeno, glóbulos rojos huesos y dientes, así como favorece la absorción del hierro y aumenta la resistencia frente a las infecciones.

El pepino no es rico en minerales, pero se encuentra en mayor cantidad el potasio, y en menos proporción el fosforo y el magnesio. El potasio es indispensable para la transmisión y generación del impulso nervioso y para la actividad muscular normal, así como interviene en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula.

En cuanto al fósforo participa en la formación de huesos y dientes al igual que el magnesio, además se relación con el funcionamiento del intestino, así como mejora la inmunidad y tiene un efecto laxante. En cuanto a otros compuestos contiene sitosterol, el cual es un compuesto con actividad antiinflamatoria e hipoglucemiante, que participa en la respuesta del sistema inmunológico.

7.5. Cultivo de Pepino

El cultivo de pepino desde el punto agronómico se clasifica en dos grandes grupos (Bojacá *et al.* 2012), los pepinos propiamente para consumo fresco por su tamaño y coloración viable en su cascara, encontrando colores que van desde el verde hasta el amarillento y los pepinillos los cuales son utilizados para consumo en encurtidos o conservas que se diferencian de otros por su tamaño pequeño y cortezas de color verde (Weatherpark, 2022).

Tabla 3: Rangos de Temperatura crítica de cultivo

Etapa fenológica	Rangos críticos de temperatura		
	Mínima	Óptima	Máxima
Germinación	12	30	35
Desarrollo de cultivo en el día	20	-	25
Desarrollo de cultivo en la noche	18	-	22
Se detiene el desarrollo	10	-	12
Se hiela la planta	-	-1	-

La nutrición es el factor más crítico en la vida del pepino por lo que se debe tener todos los elementos necesarios para el buen control del desarrollo de la planta de pepino. De igual manera es muy importante el manejo del riego correctamente, es un punto muy importante para obtener una nutrición óptima, se debe cuidar porque en el caso de exceder el riego los nutrientes se lixivian y si el riego es muy poco la planta no tiene la disponibilidad suficiente en los nutrientes (Arias, 2017).

Debido a que los nutrientes se suministran por el sistema de goteo, el suministro se proporciona en función del estado fenológico de la planta, teniendo en cuenta el volumen y tiempo que se debe aplicar, así como las características físicas del sustrato. Cuando se tiene una alta conductividad eléctrica es resultado de falta de agua (volumen de riego), un correcto riego ayuda a mantener un equilibrio salino (Galván, 2007).

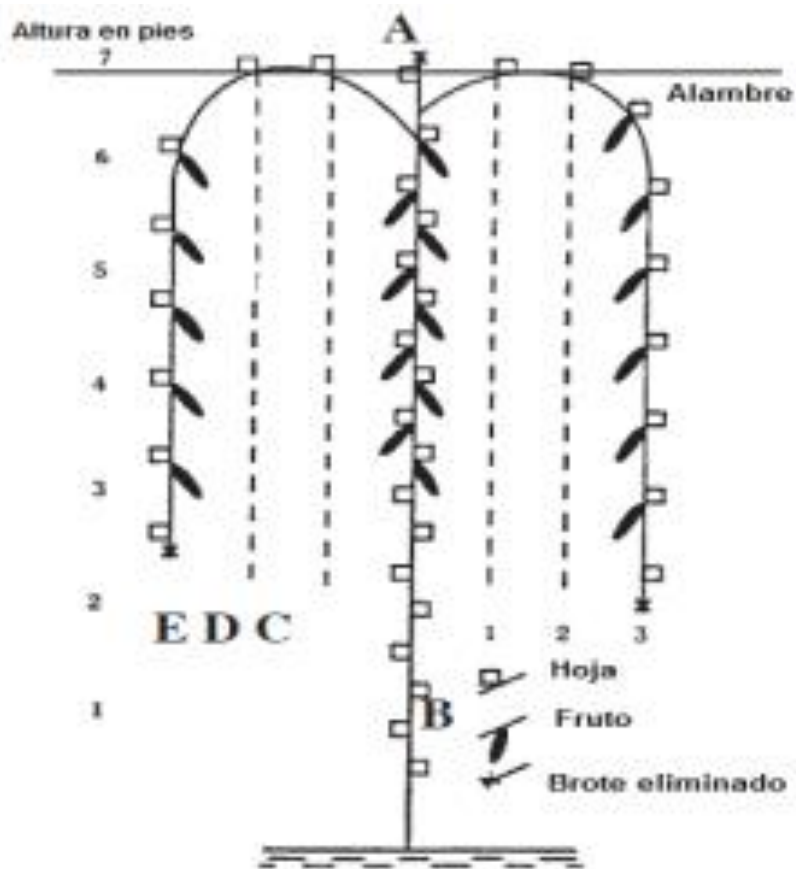
Por otra parte, se debe tener en cuenta el balance de nutrientes, así como su relación que puede existir entre el nitrógeno y el potasio, potasio y calcio y por último el calcio y el magnesio para evitar el antagonismo y poder controlar el desarrollo de la planta, lo que deriva en la resistencia a factores ambientales o enfermedades (Arias, 2017). Se conoce que es muy importante la relación N_2/K a lo largo de la vida del cultivo, que suele ser 1/0.7 desde el trasplante hasta la cuarta y quinta semana. Después cambia a una relación 1/1 hasta el comienzo de llenado del fruto. Después cambia a una relación 1/3 respectivamente (Arias, 2017). El hierro y el magnesio influyen sobre la coloración del fruto y su resistencia ante patógenos (Galván, 2007), por lo que una solución nutritiva balanceada incrementa el rendimiento en la producción del fruto.

Los fertilizantes requeridos para el cultivo de pepino por metro cuadrado son los siguientes: 6 g de N_2 ; 5.3 g de P_2O ; 8 g de K_2O ; 3 g CaO y 2.5 g de MgO . Esto para generar 30 kg de rendimiento (Arias, 2017). El pepino tiene buena respuesta al estiércol cuando ha sido suministrado recientemente al terreno, sin embargo, debe suministrarse abono mineral debido a que necesita abono nitrogenado en forma nítrica (Galván, 2007).

7.6. Tutorado de pepino

El tutorado permite el desarrollo correcto de las plantas a partir de la colocación de mallas de manera que la planta queda prácticamente en el aire en forma vertical sujeta dichos soportes, la producción se optimiza pues se logra un mejor manejo incorporando podas de formación y limpieza lo cual incrementa la aireación y establecen los controles para diferentes agentes patógenos que puedan afectar el desarrollo de los cultivos. (Sandí, 2016). La sujeción se realiza con hilo de polipropileno (rafia) sujeto de un extremo a la zona basal de la planta, mediante anillas y del otro extremo a un alambre colocado en la parte superior de la planta. todo se verá reflejado en la producción final, calidad del fruto y control de enfermedades (Conabio, 2005).

Figura 8: esquema de una planta de pepino bajo sistema de tutorado. Fuente: (Zamora, 2017)



La poda es usada bajo condiciones de invernadero para eliminar por debajo de los 40 a 50 cm del tallo principal todos los brotes que salgan, al igual que las hojas y los frutos que se vayan formando, en el momento en el que las hojas se desarrollan por arriba del alambre, se elimina el punto terminal del tallo principal dejando caer el extremo superior de la planta eliminando la yema terminal cuando la planta está cercana al suelo (Méndez, 2016).

Se han realizado varias investigaciones donde indican que no es posible lograr buenas producciones comerciales de frutos sin la presencia de insectos

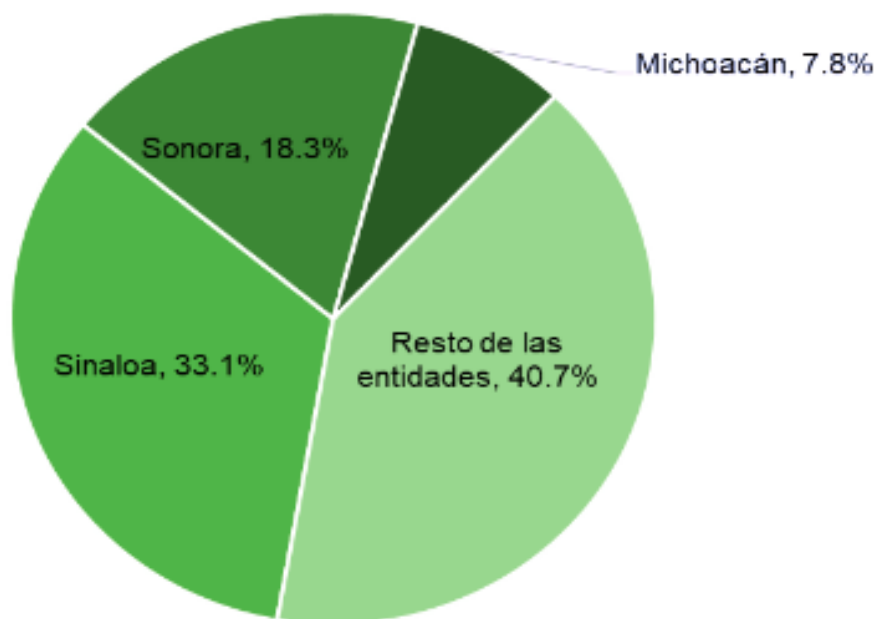
polinizadores. Entre los insectos las abejas son los mejores agentes de polinización, debido a que son especializadas en esta labor y se puede disponer de ellas, son fáciles de manejar y se pueden ubicar donde se desea. Con la finalidad de cuajar las primeras flores del cultivo y no retrasar las cosechas, las abejas se deben introducir cuando aparezcan las primeras flores. Se recomienda un mínimo de 3 colmenas por manzana, bien pobladas, durante la floración (Méndez, 2016).

El factor fitosanitario es un aspecto que incide sobre la productividad es muy importante por lo que se debe incluir la interacción con diferentes organismos vivos como bacterias, hongos, nematodos, insectos, virus, entre otros; las plagas más importantes que afectan este cultivo son nemátodos, trips, minadores, mosca blanca (*Trialeuodes vaporariorum*) y araña roja, mientras que las enfermedades destacadas son tizón tardío (*Phytophthora infestans*), moho gris (*Botrytis cinérea*), mildiu polvoso (*Sphaerotheca fuliginea*), mildiu veloso (*Pseudoperonospora cubensis*), marchitez fusariana (*fusarium oxysporum*) y Virus del mosaico del pepino (CMV). (Zamora, E. 2017).

7.7. Producción de pepino

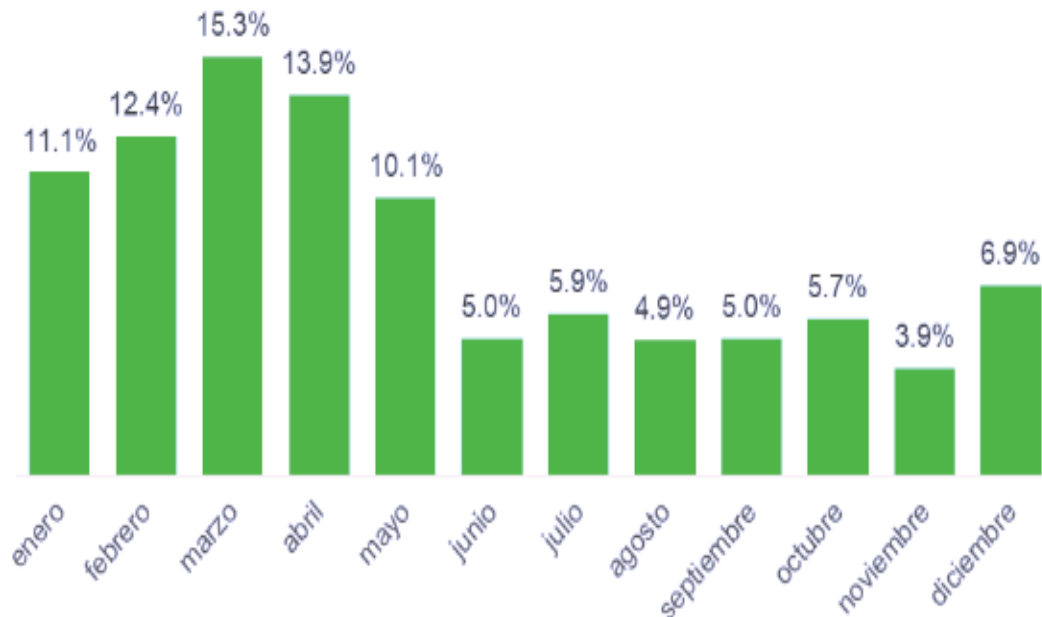
De acuerdo con los datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la producción de pepino en 2019 fue de 803 mil 706 toneladas. Cerca del 60% de la producción se concentra en tres entidades principales: Sinaloa, Sonora y Michoacán.

Gráfica 1. Principales estados de México productores de pepino, 2019. Fuente (SIAP)



De acuerdo con los datos, el estado del país que más produce y exporta pepino es Sinaloa con un 33.1% (véase gráfica 1), además de que el segundo cultivo más importante del estado después del tomate, las regiones donde se produce este cultivo en mayoritariamente es el valle de Culiacán, Mocorito, Guasave, los Mochis y Cruz de Elota (Bayer, 2018). El segundo estado es Sonora con un 18.3% de producción y el tercer estado con mayor producción es Michoacán con 7.8%, el 40.7% restante se divide en el resto de los estados; lo anterior puede visualizarse en la gráfica presentada en la gráfica 1. Otros estados del país que exportan pepino se encuentra Morelos, Veracruz, Baja California, Guanajuato y Jalisco, sin embargo, estas regiones no necesariamente se concentran la exportación, el producto se destina a la demanda interna nacional (Bayer, 2018).

Gráfica 2. Producción mensual de pepino en todo el año. Fuente: (SIAP)

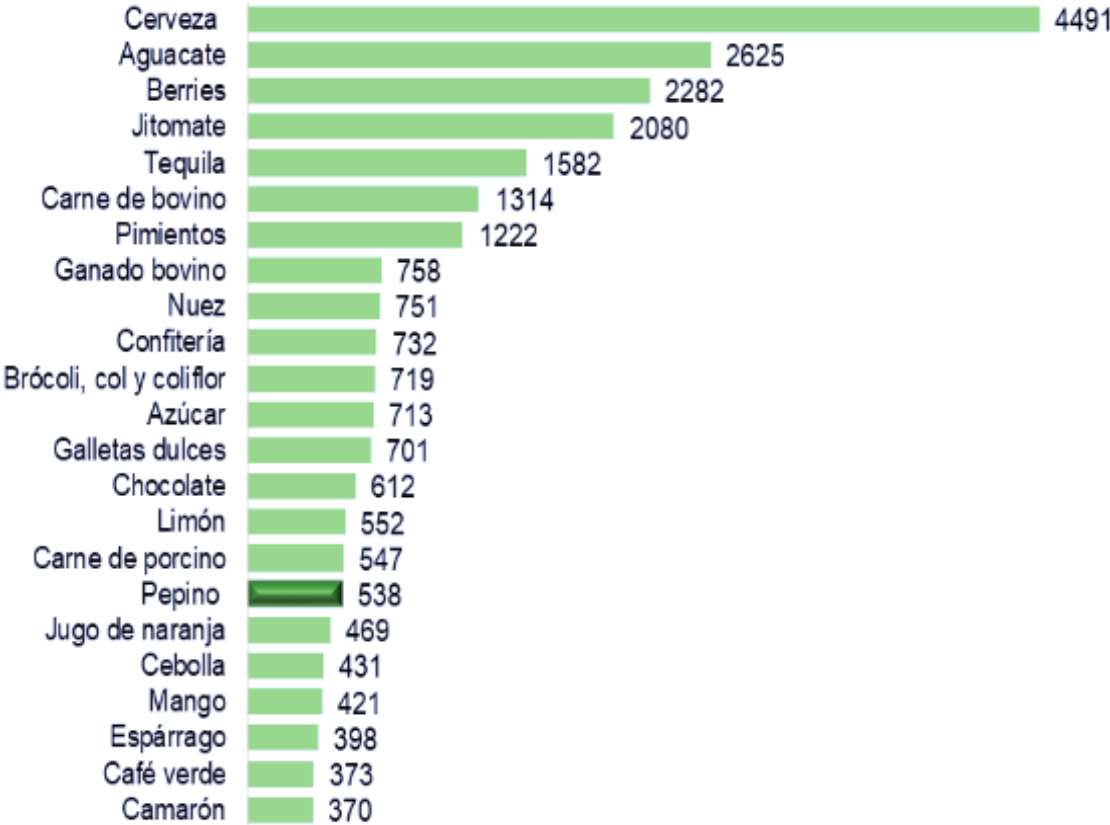


La mayoría de la producción se concentra en los meses de enero a mayo (véase grafica 2). En cuanto a las entidades productoras solo seis de ellas producen todo el año, el estado de Sinaloa siendo el mayor productor solo tiene producción de enero a mayo (SIAP, 2018).

En cuanto a producción mundial, México es el sexto productor y de acuerdo con el Panorama Agroalimentario 2019 publicado por SIAP, la mayor cosecha permite un producto excelente para la exportación. Del total de la producción nacional, 72.3% tiene por destino otro país, principalmente Estados Unidos (SIAP, 2018). Donde es una de las hortalizas de mayor relevancia de acuerdo con su consumo per cápita principalmente como hortaliza fresca.

En el 2018 el pepino se encontraba entre los productos agroalimentarios más exportados, según el Panorama Agroalimentario 2019, publicado por SIAP (véase grafica 3).

Gráfica 3. Principales productos agroalimentarios exportados (millones de dólares). Fuente: (SIAP)



La gran demanda de que tiene esta hortaliza en el mercado nacional e internacional ha provocado que se logre producir alrededor de 700 mil toneladas al año cultivadas en los estados del norte del país. La tecnología es un punto clave que influye verdaderamente a que el país aumente considerablemente la producción de este fruto. En la actualidad se utilizan herramientas para mejorar la calidad y rendimiento,

así como métodos modernos de fertirrigación, semillas mejoradas y acolchado para control de la humedad en los campos (Bayer, 2018).

El Atlas agroalimentario (Bayer, 2018) reporta que 78% de las unidades productivas de agricultura protegida tiene un sistema tecnológico medio-alto de última generación con controles automáticos de clima y riego, sensores inteligentes, ventilación controlada, etc. Lo sigue un 16% con un nivel medio de un sistema de riego programado y métodos de siembra como la hidroponía, y en tercer lugar con 6% con baja tecnología, donde utilizan herramientas sencillas cultivando de manera similar a campo abierto (Hernández, 2020). El progreso tecnológico ha dado un resultado que desde el 2006 hasta la fecha, la producción de pepino haya aumentado un 65%, donde en 2006 se producían solo 496 mil toneladas comparadas con el 2017 con 817 mil toneladas (Bayer, 2018).

En México se producen para dos fines para rebanar y para encurtir. Para rebanar ocupa el 80% del volumen exportado para consumo fresco y para encurtir se utiliza en la agroindustria.

7.8. Comercialización

Los pepinos una vez cosechados deben ser seleccionados de acuerdo con normas de calidad, la clasificación de acuerdo con su grado de madurez continúa por su tamaño, el cual debe alcanzar de 20 a 30 centímetros de largo, con una superficie

cilíndrica lisa y recta, color verde oscuro y uniforme (sin amarillos). El fruto debe mantenerse firme al corte y mientras que el anillo interno deberá presentar una mayor proporción de pulpa, color blanco y semillas no mayores a 3 milímetros de largo, con humedad en el interior. Al partir de forma manual se debe emitir un sonido ligero de resistencia. Dependiendo el mercado los pepinos se pueden encerar para mejorar la apariencia y prolongar la vida útil (Hernández, 2020).

La norma mexicana NMX-FF-023-1982 establece las características de calidad que debe cumplir el pepino (*cucumis sativus*) destinado a consumo directo. De las especificaciones que se tienen que tomar cuenta se encuentran las sensoriales, físicas, de defectos y de presentación que debe cumplir el pepino son:

- Estar bien desarrollados, enteros, sanos, frescos, limpios, de consistencia firme y cascara razonablemente lisa, sabor y olor característico.
- El tamaño de los pepinos se clasifica en base a su grosor y longitud.
- Los pepinos deben ser envasados siguiendo una rigurosa selección, dejando cada envase perfectamente presentado y su aspecto global debe ser uniforme, en cuanto a tamaño dentro de las tolerancias establecidas.

7.9. Características de la región

7.9.1. Temperatura

La zona de Tlapanalá se caracteriza por tener un clima cálido donde se pueden identificar dos climas; clima semicálido: se presenta en las zonas montañosas y el clima cálido subhúmedo: es el clima predominante, la temporada calurosa dura inicia el 26 de marzo al 29 de mayo, teniendo una duración de dos meses donde se pueden encontrar las temperaturas más elevadas.

Tabla 4. Rangos de temperatura promedio alcanzadas en la zona. Fuente: (Weatherpark, 2022).

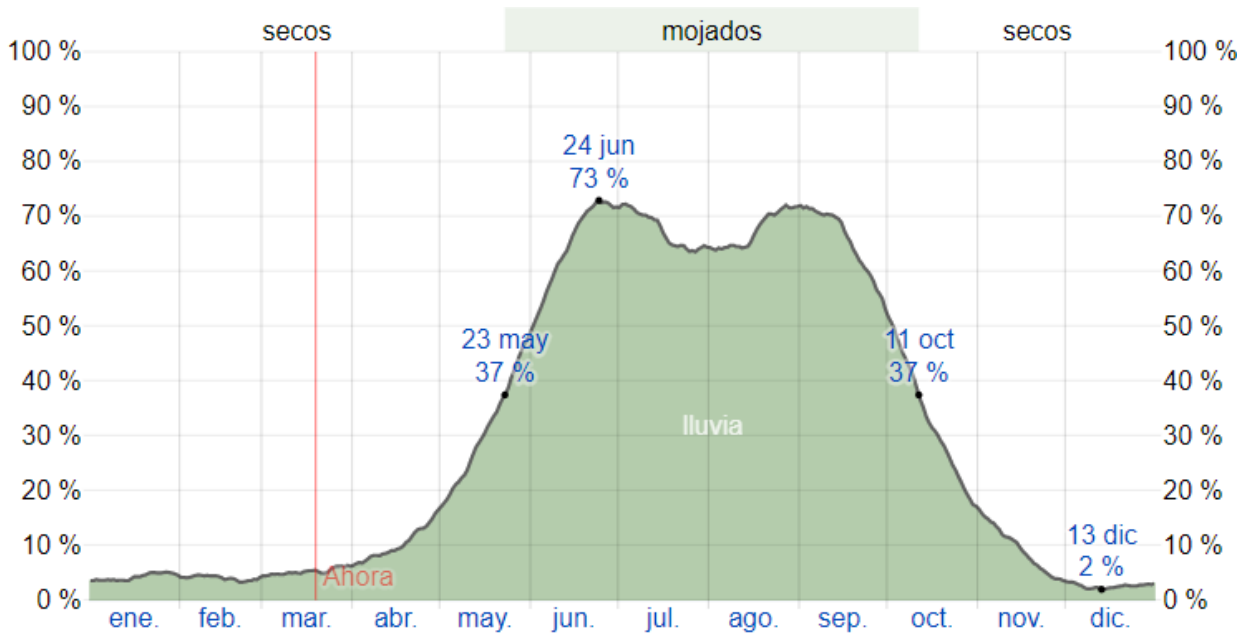
Promedio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Máxima	26°C	28°C	30°C	31°C	31°C	29°C	28°C	28°C	27°C	27°C	27°C	26°C
Temp.	18°C	19°C	21°C	23°C	24°C	23°C	22°C	22°C	21°C	21°C	19°C	18°C
Min.	11°C	12°C	13°C	15°C	17°C	17°C	16°C	16°C	16°C	15°C	12°C	11°C

En la tabla 4 se muestran los rangos de temperatura que se alcanzan en la zona durante todo el año, la temperatura máxima es 31°C que se alcanza los meses de mayor temperatura. Y la temperatura más baja que se registra es 11°C son los meses de diciembre a enero (Weatherpark, 2022).

7.9.2. Precipitación

En la zona la precipitación mínima es de un milímetro y esta temporada inicia en el mes de mayo y hasta octubre, tiene una duración de cuatro meses con una probabilidad del 37% de precipitación en ciertos días.

Gráfica 4. Rango de precipitación por mes a lo largo del año. Fuente: (Weatherpark, 2022).

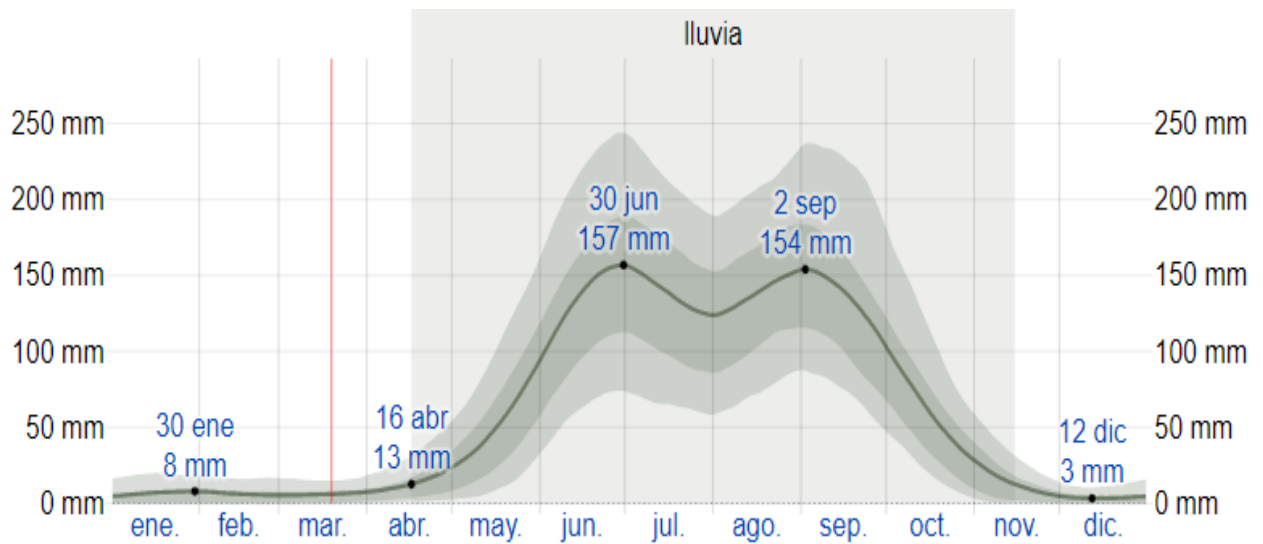


El mes con más días lluviosos es agosto puesto que alcanza con un promedio de 21 días, mínimo con un milímetro de precipitación, conforme a esta categoría la probabilidad máxima es del 73% el día 24 de junio (Weatherpark, 2022).

7.9.3. Lluvia

La temporada de lluvia dura alrededor de 7 meses, inicia en abril y termina hasta noviembre. Con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros

Gráfica 5. Rangos de lluvia en la zona por mes durante todo el año. Fuente: (Weatherpark, 2022).



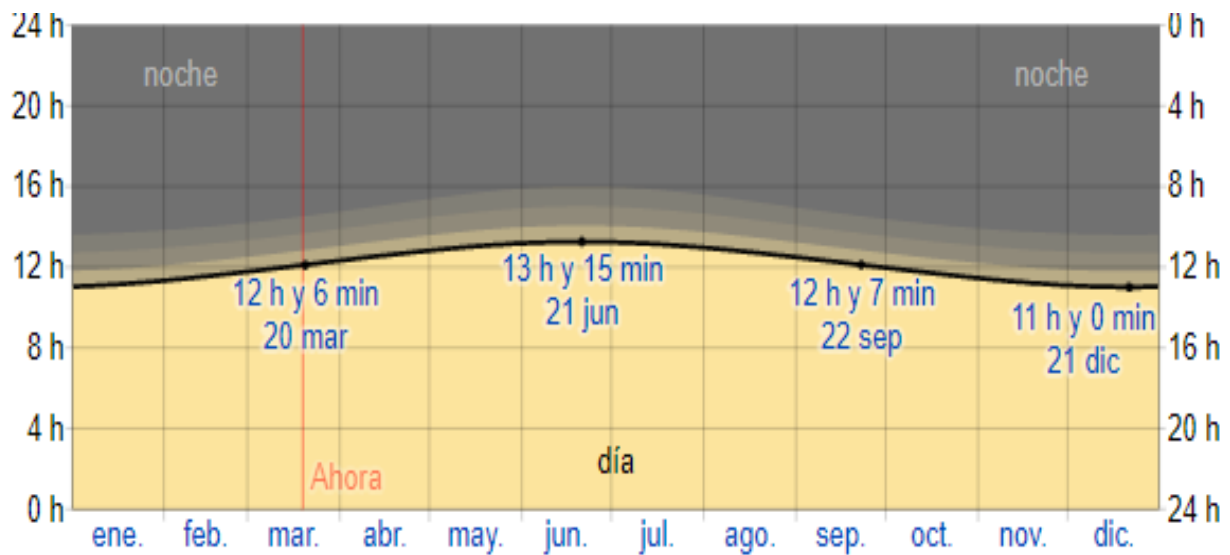
En la gráfica 5 se muestra el promedio mensual de lluvia que se registra en la zona, el mes con más lluvia es septiembre con un promedio de 141 mililitros de lluvia, además de que el periodo sin lluvia dura alrededor de 5 meses (Weatherpark, 2022).

7.9.4. Luz

La duración de la luz del día varía durante todo el año actual, el día más corto solo tiene 11 horas de luz natural y el día más largo tiene 13.15 horas de luz natural.

Gráfica 6. Promedio de horas luz alcanzas cada mes durante el año. Fuente:

(Weatherpark, 2022).

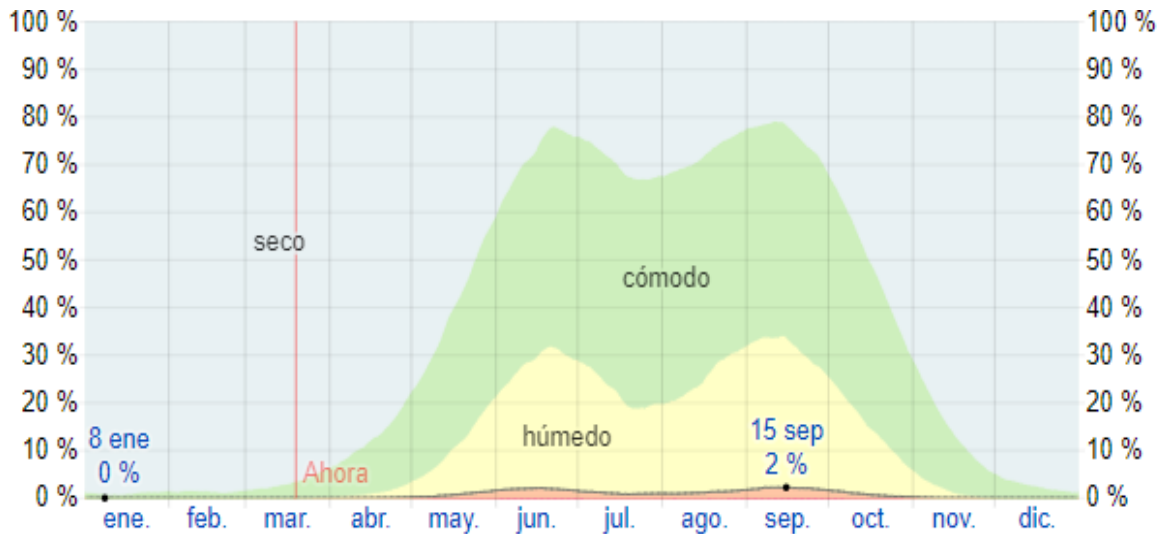


La gráfica 6 muestra que el promedio de luz natural que va a tener cada mes, donde se muestra que el mes con el día más largo de luz natural va a tener es el 21 de junio. En promedio los días del año se encuentra en las 12 horas de luz natural.

7.9.5. Humedad

El nivel de humedad se basa en el punto de rocío, cuando los puntos de rocío son bajos se siente más seco y cuando son más altos se siente más húmedo. La humedad a diferencia de la temperatura que varía más rápido, el punto de rocío tiende a ser más lento, a tener un menor cambio (Weatherpark, 2022).

Gráfica 7. Promedio de humedad por mes durante todo el año. (Weatherpark, 2022).

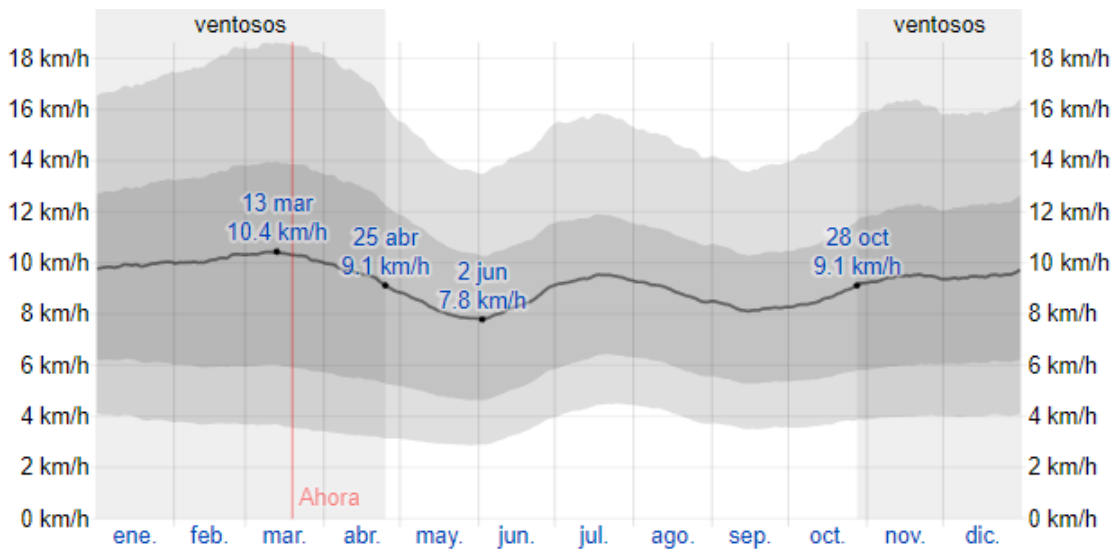


El nivel de humedad por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, opresivo o insoportable, no varía considerablemente durante todo el año y permanece entre el 1% (véase gráfica 7).

7.9.6. Viento

En cuanto al viento se aborda sobre el promedio por hora del vector del viento; velocidad y dirección a 10 metros del suelo. El viento dependerá de la topografía del lugar y de otros factores, la velocidad instantánea y dirección del viento varían ampliamente que los promedios por hora.

Gráfica 8. Promedio de viento cada mes durante todo el año. Fuente: (Weatherpark, 2022).



De acuerdo con la gráfica 8 el periodo de inicio de mayor viento inicia en el mes de noviembre con vientos que alcanzan los 9.1 kilómetros por hora, cabe destacar que el mes de marzo es el mes con más viento con vientos de 10.3 kilómetros por hora y el periodo de viento termina en el mes de abril (Weatherspark. 2022)

8. MARCO METODOLÓGICO

La evaluación se llevó a cabo en el Parque Agroindustrial de Tlapanalá ubicada en carretera Tepapayeca-Coatepec km 2, Colonia San Luis Chalma. Tlapanalá, Puebla, la cual realiza una producción de hortalizas bajo un sistema de agricultura protegida, implementado hidroponía. Los sustratos utilizados son fibra de coco y tezontle, cultivando hortalizas como tomate Saladette, Bola, Cherry, pepino americano, europeo, persa, además de pimiento, entre otros.

8.1. Establecimiento del experimento

La empresa tiene un total de 31 módulos, de los cuales en el módulo 12 y 13 se realizó la evaluación de pepino americano. Los dos módulos están cubiertos de una membrana de malla completos, ambos módulos se encuentran juntos, sin embargo, se encuentran correctamente delimitados. Se utilizó la variedad 543 dentro del módulo 12 y la variedad 21-SL971 en el módulo 13.

Para la evaluación se definieron dos tipos de variables, la primera, para medir el crecimiento vegetal de las plantas y la otra para registrar el control de los cortes de cosecha semana a semana. La colocación de las muestras se realizó a los catorce días después de trasplante, tiempo indicado para la primera medición. Posteriormente de ahí se realizó la medición semana a semana por lo que se le destina un día en específico, esto en el caso de las muestras de crecimiento vegetal. En el caso de las muestras de cosecha se colocaron y se marcaron para separarse de los otros frutos para su posterior análisis de características físicas.

Para la elección de las muestras para medir el crecimiento vegetal se tomó un total de 40 plantas distribuidas. Se utilizó un muestreo aleatorio estratificado, el cual consiste en dividir la población en estratos o subgrupos menores, parecidos internamente respecto a una característica, pero heterogéneos entre ellos (Hernandez, 2019). En este caso se divide la población que corresponde al total de plantas dentro del módulo 12 y 13, en dos subgrupos geográficos, lado Norte y Sur.

Modulo 12

Cuenta con 12,691 macetas con cuatro plantas por maceta, con 50,764 plantas en total. Se plantó la variedad 543 y como se mencionó anteriormente se utilizó un muestreo aleatorio estratificado. Dentro de los subgrupos se establecerán las muestras de manera al azar para elegir los elementos (plantas) que formarán parte de la muestra, buscando que todos los estratos estén representados.

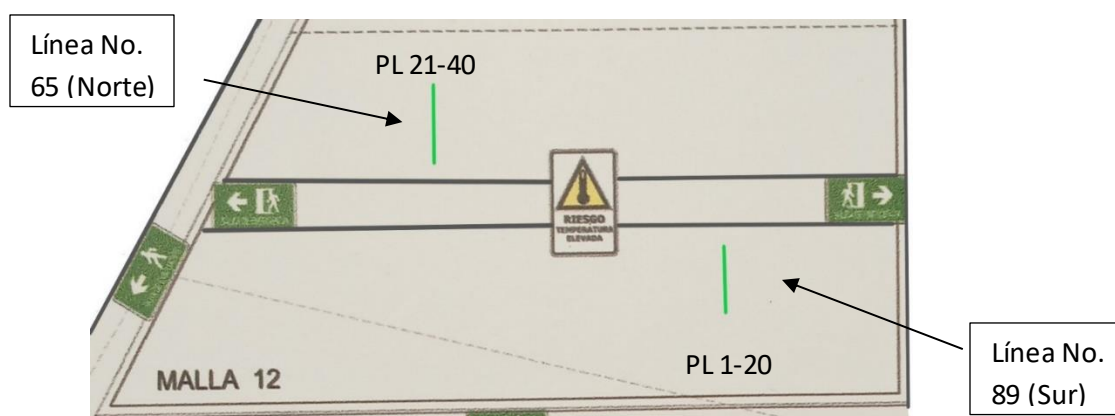


Figura 9. Ubicación de muestras para crecimiento vegetal en el módulo 12. Se plantó la variedad 543, total de plantas, PL (1-40).

En la Figura 9 se ejemplifica la ubicación de las muestras en el módulo 12 (malla 12), que constan de 40 plantas (PL) divididas en 2 subgrupos de 20 plantas cada una de ellas. Las cuales se escogieron con ciertas características de las cuales debían presentar una altura similar, plantas completamente sanas sin presencia de alguna alteración en su fisiología, sin daños por plagas.

Una vez definidas las muestras, las variables a medir como la altura del tallo, número de hojas, longitud y ancho de hoja se realizó con un flexómetro para tomar las medidas en centímetros, para el grosor del tallo de utilizó un vernier para medir

el diámetro en centímetros. La primera medición se realiza a los 14 días después de trasplante y únicamente se mide el alto del tallo y número de hojas. Al momento de tomar la altura del tallo con el flexómetro se colocó un alambre para marcar el lugar exacto hasta donde se midió la altura y para la semana 21 se continuará el crecimiento a partir de esta marca; a su vez se colocó un segundo alambre una vez tomada la medición. Una vez colocadas las dos marcas, semana a semana la marca que se encuentra en la parte de abajo se recorre hacia arriba. Colocando la marca en la hoja más cercana al ápice de la planta, pero asegurando que no estuviera muy pequeña.

Modulo 13

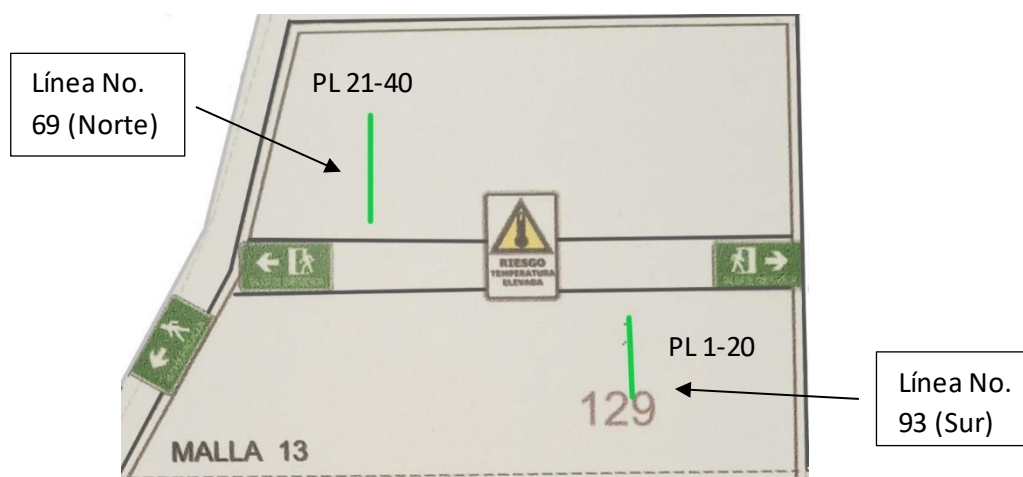


Figura 10. Ubicación de las muestras para el análisis de crecimiento vegetal, en la variedad 21-SL971. Plantas utilizadas para la muestra

Cuenta con 9,653 macetas en total, en cada maceta se colocan cuatro plantas, por lo tanto, cuenta con 38,612 plantas, se plantó la variedad 21-SL971 de igual manera se utilizará un muestreo aleatorio estratificado dividiendo el total de plantas en subgrupos ubicados geográficamente dentro del módulo (Norte y Sur). Dentro de los subgrupos se establecerán las muestras de manera al azar para elegir los

elementos (plantas) que formarán parte de la muestra, buscando que todos los estratos estén representados. Estos cuentan con un total de 40 plantas (PL) divididas en dos submuestras de 20 plantas cada una. La primera muestra (PL 1-20) se colocará de lado Sur, la segunda muestra (PL 21-40) se colocará de lado Norte para cubrir completamente en módulo, se procura elegir plantas que no estén a las orillas de las líneas debido a que pueden influir factores como el polvo o pueden ser más propensas a infectarse con una plaga u enfermedad que pudiera interferir en el desarrollo vegetal.

Muestras para cosecha

De manera similar a las muestras para crecimiento vegetal, se utiliza un total de 40 plantas (20 para cada lado, norte y sur). Las cuales se marcaron con cinta amarilla para que únicamente cosecharan los frutos por personal del departamento de investigación durante todo el ciclo de vida del cultivo de pepino. A partir de la recolección se realizó una medición y conteo de frutos.

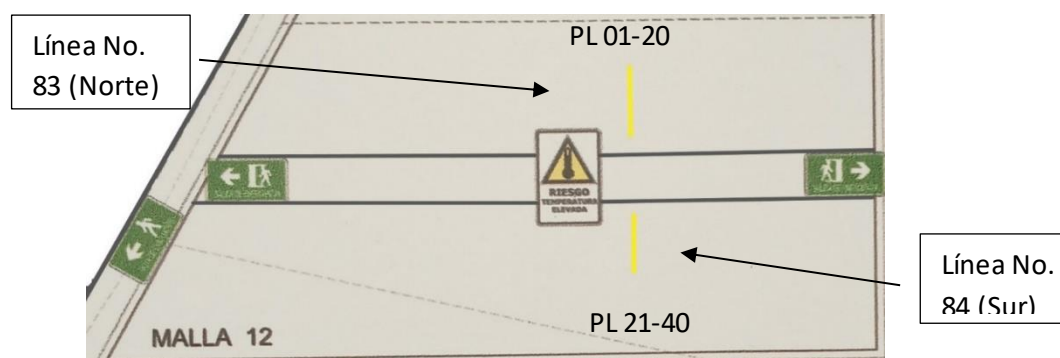


Figura 11. Colocación de muestras para cosecha en módulo 12, (PL 1-40)

En la Figura 11 se muestra la colocación de las muestras para cosecha, la finalidad es seleccionar un total de 40 plantas para analizar los frutos durante todo el ciclo del pepino, la recolección de los frutos se llevó a cabo cuando los frutos alcanzaron el tamaño óptimo, así como su grosor necesario para entrar en los parámetros óptimos de calidad.

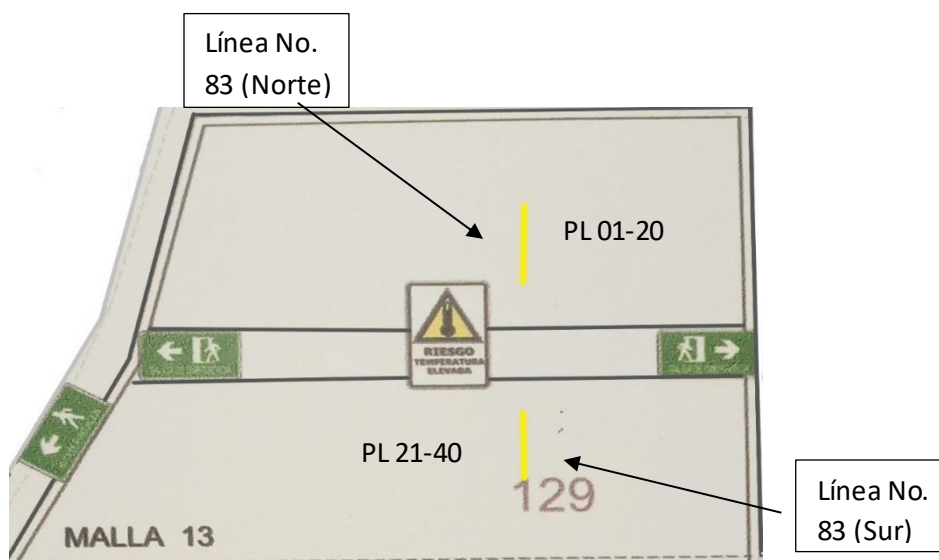


Figura 12. Colocación de las muestras para cosecha, Módulo 13. PL 1-40

Por último, se muestra la colocación de las muestras para cosecha en el módulo 13 como se muestra en la figura 12. De igual manera se colocaron dos muestras de 20 plantas cada una, tanto de lado Norte y Sur, para obtener datos representativos del módulo.

El inicio de cosecha se realizó a los 25 días después de trasplante. Cabe resaltar que para estas muestras la recolección de frutos se realizó alrededor de tres veces por semana en promedio, cuando los frutos alcanzan un tamaño de veinte centímetros en adelante, el cual es el criterio para determinar la calidad del fruto. Es

importante mencionar que en cada corte se recolectan todos los frutos incluyendo frutos mal formados, deformes, con daño por plaga, entre otros.

8.2. Variables para evaluar

Los criterios por considerar en la evaluación corresponden a los parámetros agronómicos como el número de hojas y el área foliar pues estos factores están relacionados con el incremento en el rendimiento de producción, para el caso de la recolección de datos que se evalúan en la cosecha se tomaron en cuenta las características físicas de los frutos tales como:

- 1ra calidad: frutos con excelente tamaño, con color uniforme, sin daños mecánicos y sin daños por plagas.
- 2da calidad: frutos de buena coloración, frutos chuecos y cuando presentan algún daño por plaga
- Merma: frutos que presentan alguna alteración en su color, principalmente frutos que estén dañados por alguna plaga o enfermedad.

Clasificación de los frutos

En cuanto a la clasificación en tamaño se tomaron medidas como son mediano (M), largo (L) y extralargo (XL). El tamaño que se considera en esta clasificación es apto para productos de calidad de exportación, sin embargo, se debe tener en cuenta otras clasificaciones ya antes mencionadas. La segunda calidad es producto para mercado pero que presenta alteraciones visibles en fruta. En cuanto a la merma son productos que representan pérdidas en el rendimiento debido a que son frutos no aptos para el comercio.

Tabla 5. Clasificación de frutos de pepino americano

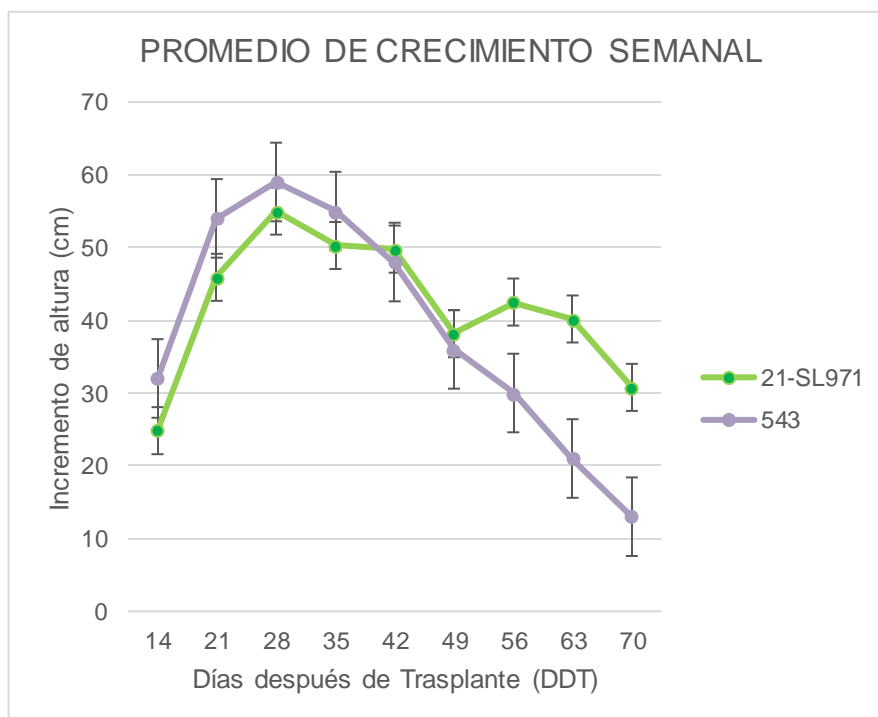
Clasificación en cuanto a calidad		
Primera calidad	M	15.5-20.5 cm
	L	21-24.5 cm
	XL	25-∞ cm
Segunda calidad	FC	Fruto chueco
	DT	Fruto con daño por trips
Merma	FD	Fruto deforme
	DID	Fruto con daño por didymella
	VIR	Fruto con virosis

9. RESULTADOS

9.1. Comparación de desarrollo de la planta

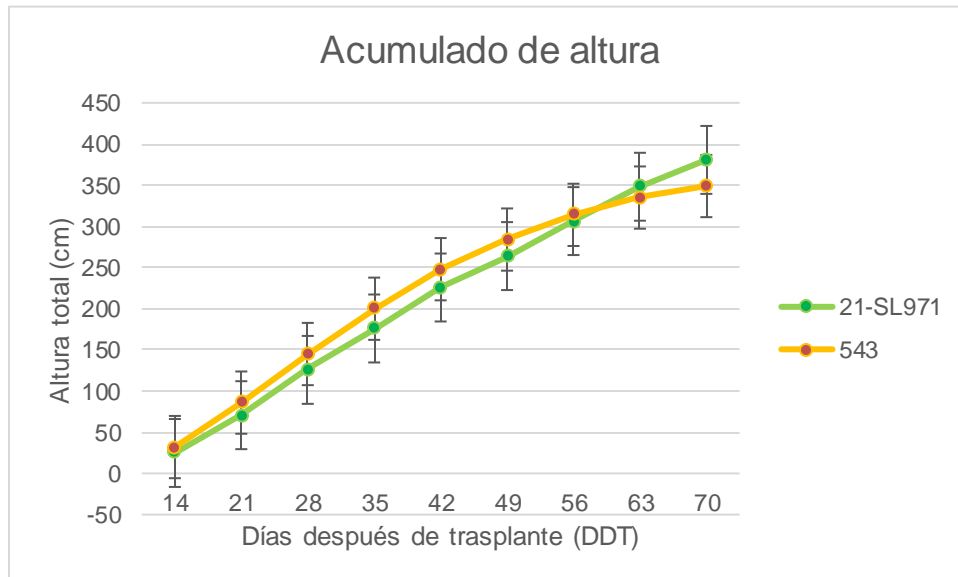
Se realizó el análisis de las variables en la comparación de las variedades 543 y 21-SL971, la cual inició a partir del 18 de mayo de 2021, semana 20, a los 14 días después de trasplante, de ahí se realizó la medición una vez cada semana, durante nueve semanas hasta el 13 de julio, semana 28. Es importante mencionar que en este caso el factor climático es muy importante debido a que el rendimiento se vio afectado de manera importante por la presencia de hongos en los frutos y en la planta.

Gráfica 9. Crecimiento en promedio de tallo desde la semana 20 a 28. Pepino Americano, variedades 543 y 21-SL971.



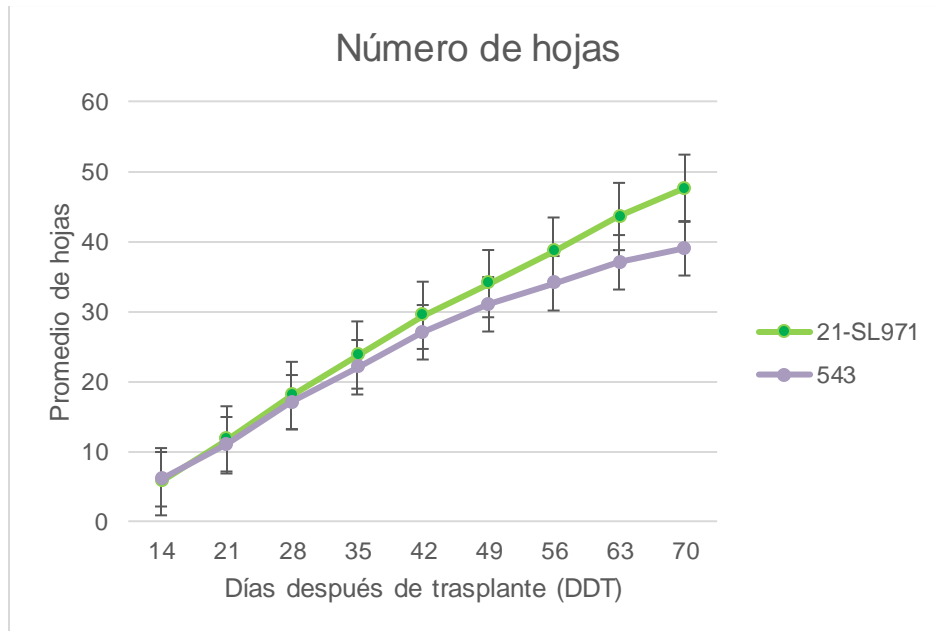
La gráfica 9 muestra el comportamiento del crecimiento de las variedades, la variedad 543 muestra un mejor crecimiento durante los 28 días después de trasplante, alcanzando un crecimiento de entre 55 a 59 centímetros en las primeras semanas después de trasplante y hasta los 49 días después de trasplante. El crecimiento de las variedades tiene una tendencia negativa, en este caso por la presencia de mildiú (*Pseudoperonospora cubensis*) por las constantes lluvias; sin embargo, hubo un cambio drástico a partir de los 49 ddt en adelante en cuanto a la variedad 21-SL971 mostrando un crecimiento favorable hasta los 70 ddt lo que demuestra una buena resistencia a este hongo, en comparación con la variedad 543, en donde el crecimiento promedio continuó siendo menor hasta el término del ciclo del cultivo.

Gráfica 10. Promedio de altura total alcanzado por la planta, variedades 543 y 21-SL971, hasta los 70 días después de trasplante.



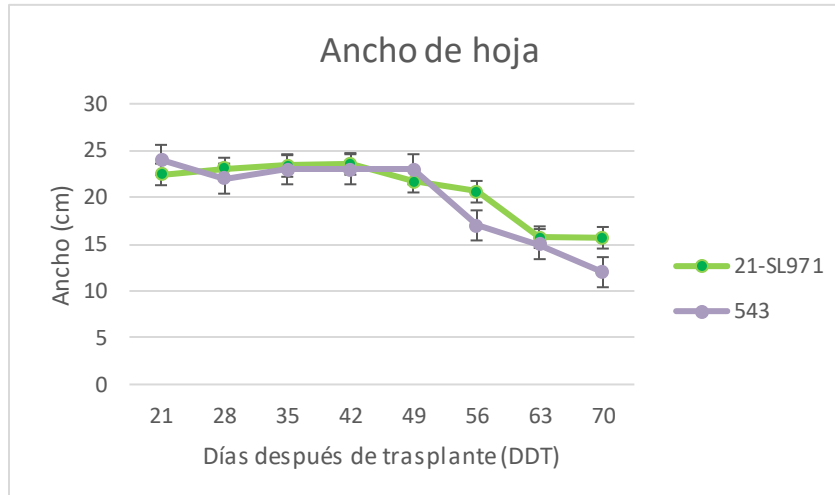
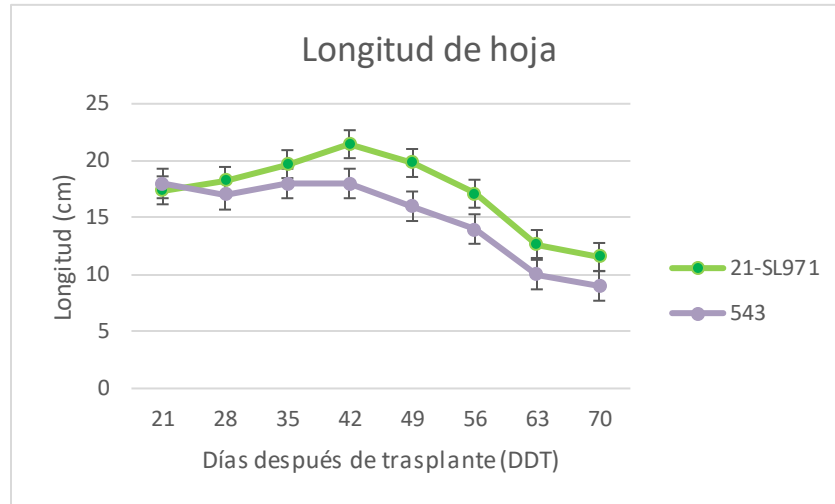
La grafica 10 muestra el crecimiento promedio de inicio a cierre en el ciclo del cultivo, alcanzado por las dos variedades de pepino americano evaluadas. No presenta diferencia significativa durante la mayoría del ciclo del pepino. La variedad 21-SL971 registró una altura total 381 centímetros en total, en comparación con 543 alcanzo 341 centímetros en total, con una diferencia de crecimiento de 40 centímetros. Esta diferencia se explica debido a la presencia de Mildiu, la variedad 21-SL971 es más resistente esta enfermedad y no redujo su crecimiento de manera considerable.

Gráfica 11. Promedio de número de hojas, variedades 543 y 21.SL971.



La gráfica 11 muestra el promedio de número de hojas que aumenta semana a semana. Este es un aspecto para considerar debido a que influye en la relación costo-producción, esto si se comprobara que alguna de las variedades tuviera un número menor de hojas y produjera más, lo que se vería reflejado en menor inversión en el sentido que necesitaría menos desojos.

Gráfica 12 y 13 longitud y ancho de hoja, variedades 543 y 21-SL971.



Las Gráficas 12 y 13 muestra el tamaño de área foliar en promedio de las variedades ya mencionadas. Como lo indican las gráficas la variedad de mayor área foliar en las hojas es 21-SL971, desde a partir de los 35 días después de trasplante hasta el final del ciclo de vida del cultivo. Existe una relación entre el área foliar y el rendimiento en producción, por lo que la variedad 21-SL971 indica que puede tener una mayor producción.

9.2. Resultados de producción.

En las tablas 6 y 7 se muestra la clasificación de la producción por categoría de calidad para cada variedad, respectivamente. Se considero como primera y segunda calidad a lo que entra en la categoría de producto comercial, no comercial corresponde a la merma.

Tabla 6. Producción de Pepino americano, variedad 543.

Semana	1ra CALIDAD				2DA CALIDAD			MERMA				Total	RENDIMIENTO	
	M	L	XL	TOTAL	FC	DT	T	FD	DID	VIR	TOTAL		Comercial	Por planta
s22	2	100	17	119	4	0	4	2	0	0	2	125	98.4	3.1
s23	0	14	25	39	2	0	2	0	1	0	1	42	97.6	1.1
s24	3	54	64	121	8	0	8	5	3	0	8	137	94.2	3.4
s25	0	21	23	44	1	0	1	10	6	0	16	61	73.8	1.5
s26	1	38	19	58	1	0	1	10	8	0	18	77	76.6	1.9
s27	0	16	12	28	0	0	0	15	0	0	15	43	65.1	1.1
s28	0	6	0	6	1	0	1	24	2	3	29	36	19.4	0.9
Total	6	249	160	415	17	0	17	66	20	3	89	521		
%	1%	60%	39%	80%	100%	0%	3%	74%	22%	3%	17%			

La Tabla 6 indica la producción de la variedad 543, la información se recopiló de las 40 muestras de 40 plantas, durante todo el ciclo de vida del cultivo. La primera calidad con un 80% del total son frutos con calidad para exportación. La segunda calidad con un 3% que presentan alguna mal formación, sin embargo, son comerciables. La merma alcanzo un 17%, como su nombre indica son perdidas en el rendimiento en este caso se debe a problemas con plagas y enfermedades.

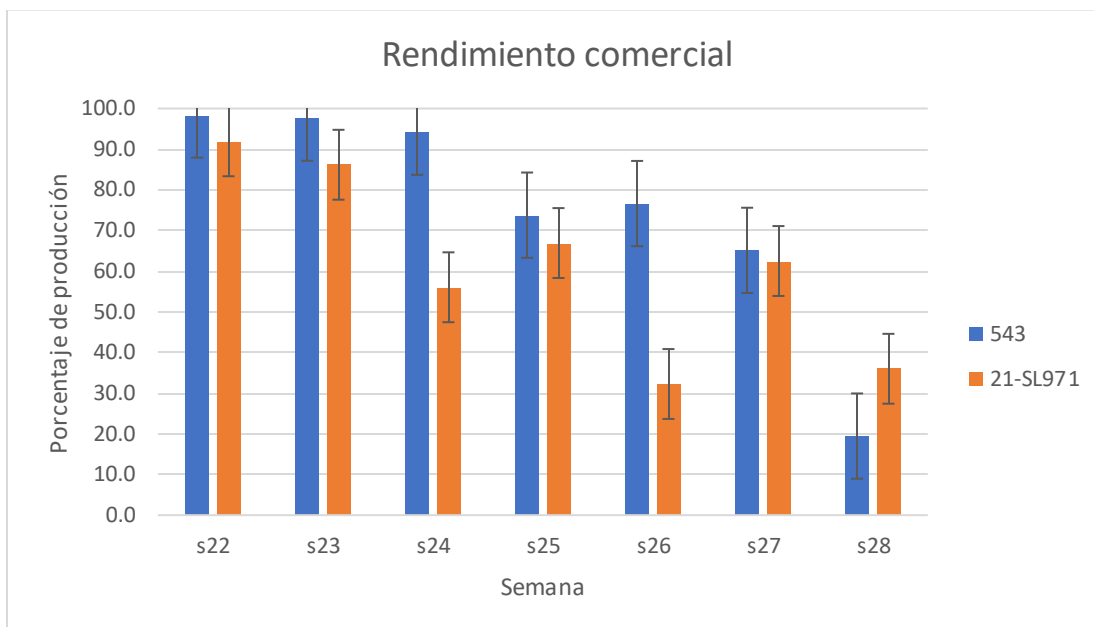
Tabla 7: Producción de Pepino americano, variedad 21-SL971.

Semana	1ra CALIDAD				2DA CALIDAD			MERMA				Total	RENDIMIENTO	
	M	L	XL	TOTAL	FC	DT	T	FD	DID	VIR	TOTAL		Comercial	Por planta
s22	0	14	39	53	4	0	4	0	5	0	5	62	91.9	1.6
s23	0	16	65	81	0	0	0	3	10	0	13	94	86.2	2.4
s24	0	27	20	47	4	0	4	14	26	0	40	91	56.0	2.3
s25	0	28	59	87	2	0	2	10	34	0	44	133	66.9	3.3
s26	0	7	23	30	0	0	0	12	51	0	63	93	32.3	2.3
s27	0	8	40	48	2	0	2	15	15	0	30	80	62.5	2.0
s28	0	5	13	18	0	0	0	29	0	3	32	50	36.0	1.3
Total	0	105	259	364	12	0	12	83	141	3	227	603		
%	0%	29%	71%	60%	100%	0%	2%	37%	62%	1%	38%			

La tabla 7 muestra la producción de la variedad 21-SL971, la información fue recabada de las muestras para cosecha que se colocaron en el cultivo. Como se muestra en la tabla la primera calidad es fruto para exportación alcanzando un 60% de la producción total. La segunda calidad son frutos con ciertos daños visibles en la superficie de la fruta, sin embargo, es comerciable, alcanzó un 2%. Por último, la merma que son frutos dañados por alguna enfermedad o algún otro daño, representa la pérdida en producción, en esta variedad alcanzó un 38% de la producción total.

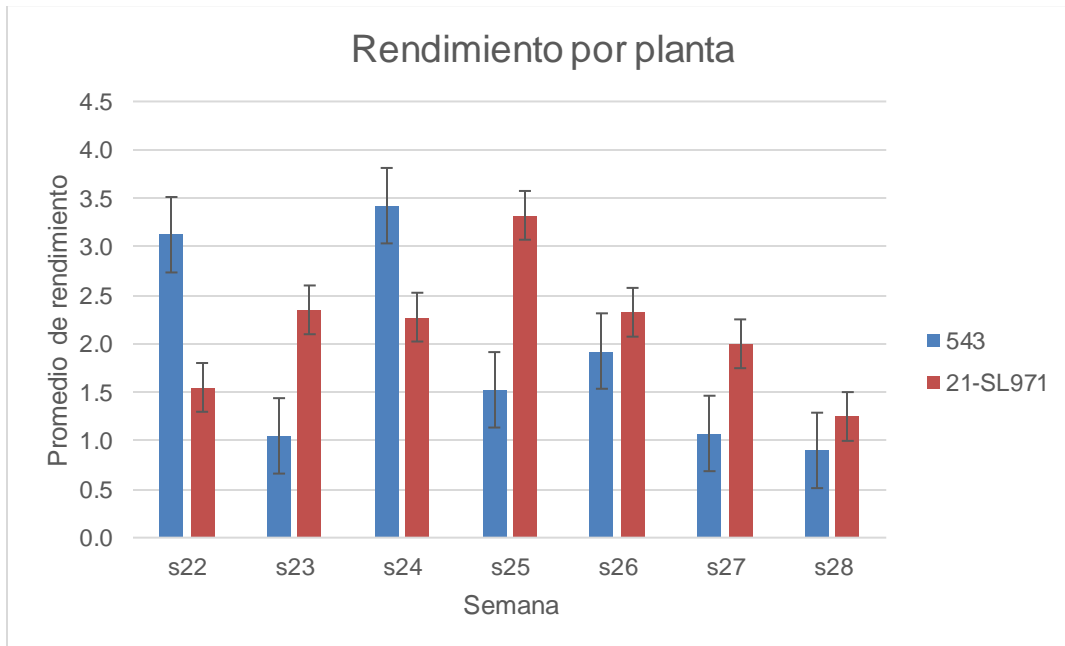
9.3. Comparación de Rendimiento.

Gráfica 14. Comparación de producción de variedades 543 y 21-SL971



A continuación, se muestra el promedio comercial de las dos variedades (véase gráfica 14). Como indica la gráfica la variedad que produce mayor cantidad de frutos de calidad de exportación es 543 con resultados ligeramente significativos, durante todo el ciclo del pepino.

Gráfica 15. Rendimiento por planta, variedades 543 y 21-SL971



La gráfica 15 muestra el promedio de cada una de las 40 plantas por semana obtenido de muestras de cosecha, de las dos variedades. Es importante resaltar que en este caso se consideró primera calidad, segunda y merma, con el fin de identificar cual variedad tuvo un rendimiento mayor considerando cada fruto recolectado sin importar la clasificación de calidad. Lo que resulto en una mayor producción de la variedad 21-SL 971. Asimismo, se obtuvieron frutos con daños principalmente por *Didymella*, lo que aumento el porcentaje de merma, estos frutos no cumplen con los criterios de calidad por lo cual no se pueden comercializar. La razón este problema se origina por un alto nivel de humedad, producto de las constantes lluvias de temporada del año en la que se estableció el cultivo.

10. CONCLUSIONES

El análisis cuantitativo del crecimiento vegetativo del fruto del pepino mostró diferencias significativas entre las variedades de pepino americano 543 y 21-SL971. Este análisis permitió definir cuál de las dos variedades es más productiva y cuál cumple con los criterios considerados para su calidad comercial.

Es importante mencionar la temporada en la que el cultivo se estableció debido a que las continuas lluvias durante el periodo de cultivo incremento la humedad, lo que favoreció la aparición de hongos como Mildiu que afecta el área foliar de la planta lo cual afecta el desarrollo de la misma y acorta el ciclo de vida del cultivo. además, el fitopatógeno *Didymella bryoniae* fue identificado como el principal causante de daños en los frutos. El sistema hidropónico permitió minimizar las perdidas por exceso de humedad, el tipo de sustrato utilizado no tuvo diferencias significativas y el sistema implementado no requirió mayores parámetros de diseño ya que fue eficiente para la producción de la hortaliza.

En cuanto a la comparación del rendimiento de las dos variedades, debido a que el análisis se realizó en las primeras semanas de inicio de cosecha se identificó una mayor producción en comparación con las últimas semanas cosechadas, esto se debe a factores climáticos que acortaron el tiempo de cosecha del cultivo. La variedad que se identificó como la de mayor rendimiento comercial es la variedad 543 con un 19% de producción mayor a la variedad 21-SL971.

En cuanto al rendimiento con frutos de calidad comercial, la variedad 543 tuvo mejor resultado dentro de la clasificación de tamaño, la cantidad de frutos con una longitud

que entra en la clasificación de mediano fue menor; mientras que se presentaron diferencias significativas en la producción de frutos de mayor longitud, este comportamiento se relacionó directamente con las características específicas de esta variedad, así mismo, la cual fue identificada como resistente a climas adversos debido a que se obtuvieron menos pérdidas por merma en la producción. Por lo que sería la variedad de mayor potencial para producir frutos de buena calidad y de mayor longitud que cumplen con las especificaciones comerciales.

Con base a los resultados obtenidos en este estudio se recomendaría utilizar la variedad 21-SL971 si lo que se pretende es obtener frutos de mayor longitud. Sin embargo, se analizaría establecer el cultivo en otra época del año, con un clima menos lluvioso.

11. REFERENCIAS

Aquino, M. A. Z. (2015). Manual de hidroponía.

Arias, S. (1 de abril de 2017). Manual de producción de pepino. Programa de Diversificación Económica Rural. (USAID-RED), 5-20. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/williesanto/manual-para-produccion-de-pepino>.

Agroes. (s.f.). Pepino, taxonomía y descripciones botánicas, morfológicas, fisiológicas y ciclo biológico. Agro.es. Recuperado el 13/03/2022: <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/pepino/364-pepinos-descripcion-morfologia-y-ciclo>

Bayer, (2018). Producción y exportación del pepino cultivo en México. Obtenido de: <https://www.vegetables.bayer.com/mx/es-mx/recursos/noticias/produccion-y-exportacion-del-pepino-cultivado-en-mexico.html>.

Beltrano, J., & Gimenez, D. O. (2015). Introducción al cultivo hidropónico. Cultivo en hidroponía, facultad de ciencias agrarias y forestales. Universidad de la plata 1,10-25.

Berger. (s.f.). Estado actual de la agricultura protegida en México. Obtenido de Trucos y consejos prácticos: <https://www.berger.ca/es/recursos-para-los-productores/tips-y-consejos-practicos/estado-actual-la-agricultura-protegida-mexico/>

Bojacá, C., Casilimas, H., Monsalve, O., Gil, R., Villagrán, E., Arias, L. A., & Fuentes, L. S. (2012). Manual de producción de pepino bajo invernadero. Editorial Tadeo Lozano.

Conabio. (s.f.). Cucumis sativus. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados, 2-3.

Cornet, A. (s.f.). Características de los pepinos de las variedades partenocarpicas. Farmer. Obtenido de: <https://burea-uinsurance.com/es/caracteristicas-de-los-pepinos-de-las-variedades-partenocarpicas/>.

Diédhiou, I. (2017). Respuesta del cultivo de pepino (cucumis sativus, L) a la aplicación de abonos orgánicos en diferentes sistemas de producción. Tesis de grado para obtener el grado de Maestro en Producción Agropecuaria. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 5-20.

Galván, A. (2007). Producción de pepino con sustratos orgánicos e inorgánicos bajo condiciones de invernadero. Tesis para obtener el título de Ingeniero agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro., 10-40.

García-Sánchez, E. I., Vargas-Canales, J. M., Palacios-Rangel, M. I., & Aguilar-Ávila, J. (2018). Sistema de innovación como marco analítico de la agricultura protegida en la región centro de México. Cuadernos de Desarrollo Rural, 15(81), 93-116.

Gruda, N. 2005. Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. Crit. Rev. Plant Sci. 24:227-247.

Hernandez, C. (2019). Introducción a los tipos de muestreo. Alerta, 2-5.

Hernández, E. (2020) Diseminación de conocimientos, descubrimientos y reflexiones- Oaxaca. Análisis de la producción de pepino y pepinillos en México. 112-124.

IICA. (2007). Guía Práctica de Exportación de pepinos a los Estados Unidos. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura. Representación del IICA en Nicaragua, 6-7.

Intagri. (2021). Tipos de pepino cultivados bajo invernadero. Serie horticultura protegida, Núm. 41. Artículos técnicos de Intagri, Mexico. 3 p.

Martínez Moreno, D., Reyes Matamoros, J., López Pérez, A. L., & Basurto Peña, F. (2021). Importancia relativa de frutos y verduras comercializadas en el mercado de Izúcar de Matamoros, Puebla, México. Polibotánica, (51), 229-248.

Medina, G. (2020). Efecto de las Rizobacterias en el desarrollo vegetativo y rendimiento del pepino (*cucumis sativus* L) en invernadero. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencia agrarias, 15-16.

Méndez, A. (2016). Evaluación de la producción de pepino (*cucumis sativus* L.) con porcentajes de lixiviado de vermicompost en invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, tesis de grado para obtener el título de ingeniero agronomo, 13-14.

Moreno Velázquez, D., Hernández Hernández, B. N., Barrios Díaz, J. M., Ibáñez Martínez, A., Cruz Romero, W., & Berdeja Arbeu, R. (2015). Calidad poscosecha de frutos de pepino cultivados con diferente solución nutritiva. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 6(3), 637-643.

Olivet Acosta, E. (2019). Balance energético del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones protegidas. *Granmense de Desarrollo local* , 1-14.

Ortega, A. (2017). Producción hidropónica de jitomate, pimiento y pepino en sustrato de fibra de coco y acrilato de potasio. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de ingeniería, Tesis de grado., 10-30.

Ramírez Abarca, O., Hernández Martínez, J., & González Razo, F. D. J. (2021). Análisis económico del pepino persa en condiciones de invernadero en Guerrero y estado de México, 2020.

Rendón, Y. (2015). Estudio del pepino (*Cucumis sativus* L.) en tres medios de cultivo y macrotunes con mallas de colores. Tesis para obtener el grado de maestro. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Sandí, C. (2016). Crecimiento, producción y absorción nutricional del cultivo de pepino (*cucumis sativus* L.) con dos soluciones nutritivas en ambiente protegido en la zona de San Carlos, Costa Rica. *Tecnológico de Costa Rica*, 1-15.

Urrestarazu Gavilán, M. (2015). Manual práctico del cultivo sin suelo e hidroponía. Ediciones Paraninfo, SA.

Weatherpark, 2022. El clima y el tiempo promedio en todo el año en Tlapanalá.

Obtenido de: <https://es.weatherspark.com/y/6521/Clima-promedio-en-Tlapanal%C3%A1-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Clouds>.

Zamora, E. (2017). El cultivo de pepino tipo slicer–americano (*cucumis sativus* L.) bajo cubiertas plásticas. Universidad de Sonora. Departamento de Agricultura y Ganadería, Cultivos protegidos, Folleto HORT. CP-008, Hermosillo, Sonora, México, 1-8.

Zamudio Gonzales, B. (2014). Producción de pepino bajo invernadero en Valles Altos del Estado de México. *Forestales Agrícolas y Pecuarias*, 4-5.