



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE GUASAVE

TESIS DE LICENCIATURA

**Cuantificar Características Agronómicas En Pepino F4 En
Invernadero**

Presentada por

José Adalberto Acosta Gutiérrez

Como requisito para la obtención del grado de
Ingeniero en Innovación Agrícola Sustentable

Director de tesis

Dr. Ramiro Maldonado Peralta

Co- Directora

Dra. Delfina Salinas Vargas



Guasave, Sinaloa, México. Febrero de 2026.

	LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA TITULACIÓN INTEGRAL PLAN 2015	Responsable: Jefatura de División de Ciencias
	Referencia a la Norma: ISO 9001:2015 8.1;8.2.1;8.2.2;8.2.3;8.5.1;8.5.2;8.6;8.7.2	Código: ITSG-SIG-AO-PO-19-03
	Referencia a la Norma: ISO 21001:2018 8.1;8.1.1;8.1.2;8.2.1;8.2.2;8.2.3;8.3.3;8.3.4;8.6;8.7;9.1.2	Revisión: 5
		Fecha de Emisión: Julio 2025
		Página 1 de 1

Guasave, Sinaloa, Fecha: **3 de febrero de 2026**

ASUNTO: Liberación de proyecto para titulación Integral

ING. LAURA BEATRÍZ INZUNZA RAMÍREZ

COORDINACIÓN DE TITULACIÓN

PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación Integral:

Nombre del estudiante y/o egresado(a)	Acosta Gutiérrez José Adalberto
Carrera:	Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable
Número de control:	2125010165
Nombre del proyecto:	Cuantificar Características Agronómicas en Pepino f4 en Invernadero
Producto:	Tesis

Solo para la Opción de tesis:

Estudiante y/o egresado(a):

CURP	AOGA030822HSLCTDAO
------	--------------------

Asesor(a):

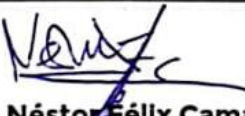
Nombre completo	Dr. RAMIRO MALDONADO PERALTA
CVU	337702

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros(as) egresados(as).

ATENTAMENTE

M.C. HÉCTOR RAMIRO MENDÍVIL TRUJILLO

Nombre y firma del (de la) Jefe(a) de División de Ciencias Agronómicas

 Dr. Ramiro Maldonado Peralta	 Me. Néstor Félix Camarena	 Dra. Delfina Salinas Vargas
Nombre y firma del Asesor(a)	Nombre y firma del Revisor(a)	Nombre y firma del Revisor(a)

* solo aplica para el caso de tesis y tesina

C. c. p. Expediente

C. c. p. Departamento de Centro de Recurso para el Aprendizaje e Innovación.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación representa la culminación de una etapa académica significativa, la cual no habría sido posible sin el apoyo, orientación y acompañamiento de diversas personas e instituciones a quienes expreso mi más profundo agradecimiento.

En primer lugar, agradezco a mis padres, por su respaldo constante, comprensión y motivación a lo largo de mi formación profesional. Su ejemplo, esfuerzo y confianza depositada en mí fueron fundamentales para perseverar ante los retos presentados durante este proceso.

A mis hermanos, por su apoyo incondicional, palabras de aliento y disposición para acompañarme en cada etapa de mi desarrollo académico, contribuyendo de manera importante a mi crecimiento personal y profesional.

Al Instituto Tecnológico Superior de Guasave, por brindarme la oportunidad de formarme académicamente, así como por facilitar los recursos y el entorno necesarios para la realización de este trabajo de investigación.

De manera especial, expreso mi reconocimiento al **Dr. Ramiro Maldonado Peralta**, por su valiosa asesoría, orientación metodológica y compromiso académico, los cuales fueron determinantes para el adecuado desarrollo y conclusión de la presente tesis.

Asimismo, agradezco al **Profesor Néstor Félix Camarena**, por su aporte en este trabajo.

A la **Dra. Delfina Salinas Vargas**, por su apoyo, disposición y aportaciones durante el desarrollo de este trabajo, las cuales enriquecieron el proceso de investigación.

Finalmente, extiendo mi agradecimiento a mis compañeros y amigos, por el apoyo moral, el compañerismo y las experiencias compartidas, así como a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la realización de esta investigación.

RESUMEN

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una hortaliza de alta importancia económica a nivel mundial debido a su elevada demanda comercial y valor nutricional. El cultivo en invernadero permite optimizar las condiciones ambientales, favoreciendo mayores rendimientos y calidad del fruto; sin embargo, el desempeño productivo depende en gran medida del genotipo utilizado. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar y cuantificar características agronómicas de seis genotipos F4 de pepino cultivados bajo condiciones protegidas, con el fin de identificar aquellos con mayor potencial productivo y adaptabilidad.

Se empleó un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones por genotipo. Se midieron variables de crecimiento vegetativo y calidad de fruto, tales como número y tamaño de hojas, longitud de entrenudos, número de frutos, longitud, diámetro, peso, número de semillas y rendimiento por planta. Los datos se analizaron mediante ANOVA y comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$).

Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre genotipos, destacando algunos materiales por mayor vigor vegetativo, mayor longitud de fruto y mayor rendimiento. En particular, el genotipo P01 presentó el mejor desempeño productivo, con mayor peso promedio de fruto y rendimiento por planta. Se concluye que existe variabilidad genética aprovechable para la selección de materiales superiores y su posible uso en programas de mejoramiento genético, contribuyendo a una producción más eficiente y rentable en sistemas de invernadero.

.

Índice

INDICE DE FIGURAS	7
INTRODUCCIÓN	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
JUSTIFICACIÓN.....	12
HIPÓTESIS.....	13
OBJETIVOS	13
1.1 General.	13
Específicos.	13
5. Factores agronómicos que afectan el rendimiento del pepino en invernadero	16
6. Espaciado adecuado de las plantas y entutorado	17
7. Técnicas de gestión de plagas y enfermedades	17
Genotipos de pepino	17
MATERIALES Y MÉTODOS	17
Descripción del área de estudio.....	17
Selección de genotipos	17
Diseño experimental	18
Variables agronómicas:	18
Métodos de recolección de datos	18
Análisis estadístico	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
Evaluación de variables agronómicas y de calidad	18
Número de Hojas	19
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	29
REFERENCIAS	30
ANEXOS (Opcional).....	34
1. Trasplante	34
2. Plagas y Enfermedades	35
3. Desarrollo Vegetativo	36

4. Desarrollo del Fruto	37
5. Recolección de Semilla	38
6. Conteo de Semillas	39

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Numero de hojas en genotipos de pepino producidos en invernadero..	19
Figura 2	Ancho de hojas en genotipos de pepino producidos en invernadero. ...	20
Figura 3	Largo de entrenudos en genotipos de pepino producidos en invernadero.	21
Figura 4	Número de pepinos producidos por plantas en invernadero.	22
Figura 5	Largo de pepino medido en frutos cosechados en invernadero.	23
Figura 6	Diámetro de pepino medido en frutos cosechados en invernadero.	24
Figura 7	Peso de pepino de los diferentes genotipos producidos en invernadero.	25
Figura 8	Número de semillas contadas en pepino de los diferentes genotipos producidos en invernadero.	27
Figura 9	Rendimiento por genotipos de pepino producidos en invernadero.	28

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el pepino (*Cucumis sativus* L.) es una hortaliza de gran importancia en la producción hortícola mundial debido a su alto consumo y valor comercial. Según la FAO el cultivo en invernadero ha permitido mejorar la productividad y calidad del fruto al optimizar las condiciones de crecimiento, como temperatura, humedad y fertilización (Singh *et al.*, 2021; FAOSTAT, 2023). Sin embargo, la selección de genotipos adecuados para estas condiciones es fundamental para maximizar el rendimiento y la adaptabilidad de la planta (García, 2020). En México, Sinaloa lideran su producción bajo invernaderos, enfocándose en híbridos de alto rendimiento para exportación.

El pepino se considera originario de la India, es domesticado en Asia y de ahí introducido a Europa, para ser llevado a América por Cristóbal Colón. Los genotipos más comunes de pepino son el americano, el europeo, el del este medio, el holandés y el pepino oriental (Wehner y Maynard, 2003).

El pepino es valorado por su bajo contenido calórico y su diversidad culinarias y por un alto contenido de agua (principalmente por B y C), potasio y fibra, actuando como diurético y antioxidante, lo que lo posiciona como hortaliza veraniega por excelencia. Hay una demanda internacional por plantas que optimicen el rendimiento y la calidad, que ha impulsado una investigación aplicada en generar variedades con mejoras genitas y fisiológicas al respuesta del ambiente (Sari *et al.*, 2022).

En la actualidad, existen diversos genotipos de pepino con variabilidad en sus características agronómicas, como el tamaño del fruto, la resistencia a enfermedades y la eficiencia en el uso de los recursos hídricos (Martínez, 2018). La evaluación de estos genotipos en condiciones controladas permite identificar aquellos con mayor potencial productivo y adaptabilidad a sistemas de cultivo en invernadero (Luna, 2022).

El presente estudio tiene como objetivo medir variables agronómicas de seis genotipos de pepino en invernadero para determinar su desempeño en términos de crecimiento, desarrollo y producción. Variables como numero de hojas, número de

frutos, peso del fruto, entre otros serán analizadas para establecer diferencias significativas entre los genotipos evaluados (Hernández *et al.*, 2020).

Estudios previos han demostrado que la selección de genotipos adecuados bajo condiciones de invernadero puede mejorar la eficiencia productiva y la rentabilidad del cultivo (Pérez, 2016). Además, la adaptabilidad de cada genotipo a distintas condiciones ambientales es un factor clave para la sostenibilidad de la producción de pepino (Castro, 2023).

Por lo tanto, la investigación contribuirá al conocimiento sobre el comportamiento agronómico de diferentes genotipos de pepino en invernadero y proporcionará información valiosa para productores y fitomejoradores interesados en optimizar el rendimiento y calidad del cultivo (Gómez, 2015). Esta evaluación también podría servir como base para futuras investigaciones sobre el mejoramiento genético del pepino y su respuesta a diferentes manejos agronómicos (Sánchez *et al.*, 2021).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La creciente demanda de hortalizas frescas y saludables ha impulsado el uso de invernaderos como tecnología para el cultivo de pepino. Sin embargo, no todos los genotipos se comportan igual bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y luz. La identificación de genotipos que presenten altos rendimientos, resistencia a enfermedades y características agronómicas favorables es un desafío para los productores de pepino.

El sistema de producción de pepino en invernadero normalmente se practica en el norte de México; En condiciones protegidas, la producción de pepino es de 2 a 9 veces más que en campo abierto, dependiendo del nivel tecnológico, el manejo y las condiciones climatológicas, se usan variedades de hábito indeterminado sembradas en suelo o en sustratos hidropónicos a densidades de 1.5 a 2.5 plantas m^{-2} , que se dejan crecer hasta 3 m de altura, y después se despuntan para obtener uno o dos tallos que se siguen tutorando de manera horizontal o dirigidos hacia abajo (Gálvez, 2004). Se cosechan de 20 a 30 frutos por planta en un ciclo de 6 a 7 meses, con un rendimiento promedio que fluctúa de 150 a 300 $t\ ha^{-1}$ al año (Resh, 2001). Constituyendo asimismo una alternativa a la diversificación de cultivos en invernadero.

Según Ortiz-Cereceres y colaboradores (2009). Proponen un modelo que debe de incluir las siguientes características: a) Tallo grueso, que generalmente implica mayor área de floema y en consecuencia un transporte más eficiente, y mayor capacidad de reserva de asimilados para su uso posterior en el llenado de frutos; b) Menor altura de planta, con menor gasto de asimilados en elongación, mayor índice de cosecha y menor competencia por radiación; c) Hojas pequeñas pero fotosintéticamente eficientes, que permiten el uso de altas densidades de población sin efectos adversos de competencia y propician una mayor tasa de producción de fotoasimilados por unidad de superficie de suelo cubierto por el dosel; d) Hábito determinado, con un tallo sin ramas que reduce la competencia por asimilados entre órganos reproductivos y vegetativos, lo que favorece así a los primeros y acorta el ciclo para posibilitar más cosechas por año; y e) Alto número de estructuras reproductivas con una actividad de demanda fisiológica que se traduzca en alto

peso unitario, para transformar los fotoasimilados disponibles en rendimiento económico.

Las generaciones filiales en el pepino se refieren a las líneas parentales (P1, P2) usadas en cruzamientos para generar híbridos F1, comunes en cultivos comerciales para uniformidad y vigor híbrido. En variedades ginoicas, las plantas madre (líneas filiales femeninas) se cruzan con polinizadores masculinos, produciendo semillas F1 100% femeninas que evitan flores masculinas innecesarias y aumentan el rendimiento hasta un 30-50%. Este sistema filial permite selección genética para resistencia a plagas como el gusano perforador (*Diaphania* spp.) y adaptación a condiciones locales, como las de cultivos protegidos en latitudes tropicales. El trabajo agronómico, analizar generaciones filiales ayuda a optimizar protocolos de hibridación, evaluando rasgos como forma del fruto, vida de anaquel y tolerancia ambiental y el rendimiento que es lo más importante para el productor.

JUSTIFICACIÓN

La elección adecuada de genotipos en un sistema de producción bajo invernadero es fundamental para obtener cultivos de alta calidad, con buenos rendimientos y resistencia a factores bióticos y abióticos. La evaluación agronómica en condiciones controladas permitirá determinar qué genotipos tienen un mejor desempeño, lo cual tiene implicaciones económicas para los productores, optimizando los recursos y mejorando la competitividad en el mercado.

La diversidad genética y la flexibilidad de manejo del pepino, mediante prácticas como la poda de brotes laterales, los zarcillos y hojas, el despunte y el tutoreo, permiten formar plantas con características morfológicas deseables en el sistema de producción de despunte temprano y densidad de población alta, la precocidad, con tallo grueso, porte bajo, entrenudos cortos, hojas pequeñas y eficientes fotosintéticamente, que produzcan un alto número de frutos de calidad y tamaño comercial (Ortiz-Cereceres *et al.*, 2009).

Para aportar elementos que permitan una mejor selección de variedades o eventualmente iniciar un programa de mejoramiento genético encaminado a formar arquetipos para el sistema de producción de pepino basado en despuntes tempranos y altas densidades de población

HIPÓTESIS

Que al menos alguno de los genotipos tenga características deseables para realizar su selección y usarse para generar nuevas cruzas.

OBJETIVOS

1.1 **General.** Medir variables agronómicas de seis genotipos de pepino cultivados en invernadero.

Específicos.

1. Medir el tamaño y peso de los frutos en cada genotipo.
2. Determinar las características físicas de las plantas, como el número de hojas y número de tallos.
3. Comparar la adaptabilidad de los genotipos a las condiciones del invernadero.

MARCO TEÓRICO

En México la producción de pepino tiene una relevante importancia productiva y económica a nivel nacional e internacional. Es cultivado principalmente por su fruto, que es utilizado tanto en la industria alimentaria como en la cosmética. El cultivo de pepino en invernadero permite un control más preciso de las condiciones climáticas, lo que favorece la producción en cualquier época del año, independientemente de las variaciones estacionales. (OLIN VALDES, 2022)

1. Aspectos Generales y Taxonomía del Pepino

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una de las hortalizas más cultivadas a nivel global debido a su importancia económica y su valor nutricional. Se caracteriza por ser una planta herbácea anual con hábito de crecimiento trepador o rastroso, provista de zarcillos que nacen en las axilas de las hojas (Infoagro, 2025).

Desde una perspectiva taxonómica, el pepino se diferencia de otras especies del género *Cucumis* por poseer un número cromosómico de $42n = 14$ (Horticom, 2010). La clasificación taxonómica del pepino es el punto de partida para comprender su comportamiento genético y su compatibilidad en procesos de hibridación. Perteneciente a la familia Cucurbitaceae, una de las familias de plantas más importantes para el consumo humano, que incluye aproximadamente 118 géneros y 825 especies distribuidas principalmente en regiones tropicales y subtropicales (Sebastian *et al.*, 2010).

De acuerdo con el sistema de clasificación botánica, su jerarquía es la siguiente:

Categoría	Taxonómica	Clasificación
-----------	------------	---------------

Reino	Plantae
-------	---------

División	Magnoliophyta
----------	---------------

Clase	Magnoliopsida
-------	---------------

Orden	Cucurbitales
-------	--------------

Familia	Cucurbitaceae
---------	---------------

Género	<i>Cucumis</i>
--------	----------------

Especie	<i>Cucumis sativus</i> L.
---------	---------------------------

Su origen se sitúa en las regiones tropicales del sur de Asia, específicamente en la India, donde ha sido cultivado por más de 3,000 años.

2. Importancia Económica y Nutricional

A nivel mundial, el pepino se ubica como el tercer cultivo hortícola más producido, superado solo por el tomate y la cebolla (Wikifarmer, 2025). México juega un papel crucial en este mercado, posicionándose como el quinto productor y tercer exportador mundial, con una producción que supera el millón de toneladas anuales (SADER, 2023).

Nutricionalmente, el fruto es valorado por su bajo aporte calórico y su alto contenido de agua (95-97%). Es una fuente significativa de potasio, fibra y vitaminas A, B, C y E (El Poder del Consumidor, 2022). Además, estudios recientes destacan su potencial en la industria cosmética y farmacéutica debido a sus propiedades antioxidantes (SADER, 2023).

3. Requerimientos Edafoclimáticos y Fisiología

En un desarrollo óptimo, el pepino requiere climas templados a cálidos. Las temperaturas ideales oscilan entre los 18°C y 28°C; por debajo de los 14°C o por encima de los 40°C, el crecimiento se detiene significativamente (Intagri, 2019). En los invernaderos, es fundamental mantener estas temperaturas y proporcionar una ventilación adecuada para evitar niveles excesivos de humedad que puedan provocar enfermedades. La luz también es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas de pepino. Requieren un mínimo de 12 horas de luz al día, con una intensidad luminosa de al menos 600-800 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Se puede utilizar iluminación suplementaria durante los meses de invierno, cuando la luz natural es insuficiente.

En cuanto al suelo, prefiere texturas franco-arenosas o franco-arcillosas, bien drenadas y con un pH óptimo entre 5.5 y 7.0 (Infoagro, 2025). Es un cultivo altamente demandante de agua, requiriendo una humedad relativa constante entre el 70% y 90% para evitar el aborto de flores y malformaciones en el fruto.

4. Mejoramiento Genético y Generaciones Filiales

El mejoramiento genético en *Cucumis sativus* se ha centrado en la obtención de resistencia a patógenos, mayor rendimiento y calidad de fruto. La mayoría de las variedades comerciales actuales son híbridos F1, seleccionados por su vigor híbrido (heterosis) y uniformidad (Infoagro, 2025).

Generación F1 (Híbrida): Resulta del cruce de dos líneas puras parentales. Estos individuos presentan una uniformidad fenotípica alta y suelen ser superiores en rendimiento a sus progenitores (Li *et al.*, 2019).

Generación F2 (Segregante): Se obtiene por la autofecundación de la F1. En esta etapa se manifiesta la segregación de caracteres de acuerdo con las leyes mendelianas, lo que permite a los fitomejoradores seleccionar individuos con combinaciones genéticas específicas para caracteres cuantitativos como longitud y diámetro del fruto (Puranik *et al.*, 2021).

5. Factores agronómicos que afectan el rendimiento del pepino en invernadero

El rendimiento de los pepinos puede verse afectado por diversos factores, como la temperatura, la humedad, la luz, el riego, la fertilización, el espaciado entre plantas, el entutorado y las técnicas de control de plagas y enfermedades, entre otros. Veamos con más detalle cada uno de estos factores y cómo pueden influir en el rendimiento de los pepinos hidropónicos en invernadero.

El riego regular para garantizar que reciben la cantidad adecuada de agua y nutrientes. Se requiere un sistema de riego por goteo para suministrar agua y nutrientes directamente a las raíces de las plantas, lo que reduce el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua.

La fertilización también es fundamental para el crecimiento y desarrollo de las plantas de pepino. En los sistemas hidropónicos, se puede suministrar a las plantas una solución nutritiva equilibrada con las cantidades adecuadas de nitrógeno, fósforo, potasio y otros micronutrientes.

6. Espaciado adecuado de las plantas y entutorado

El espaciado adecuado de las plantas es crucial para maximizar el rendimiento de los pepinos en invernadero. El hacinamiento puede reducir la circulación del aire y aumentar la presión de las enfermedades. También se pueden utilizar sistemas de espaldera para sostener las plantas y aumentar su exposición a la luz, lo que mejora el rendimiento.

7. Técnicas de gestión de plagas y enfermedades

Las plagas y enfermedades pueden afectar significativamente al rendimiento de los pepinos en invernadero. Las técnicas de gestión integrada de plagas (GIP), como el uso de insectos beneficiosos, pueden emplearse para controlar las plagas sin utilizar productos químicos nocivos. La vigilancia periódica de las plantas también puede ayudar a detectar y prevenir enfermedades antes de que se agraven. (hydroponicsystems, 2023).

Genotipos de pepino

Existen diferentes genotipos de pepino, y cada uno tiene características particulares como tamaño, sabor, resistencia a enfermedades y adaptabilidad a distintos climas. La selección de genotipos adecuados es un aspecto fundamental para garantizar una producción eficiente y rentable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en un invernadero del campo experimental en el Instituto Tecnológico Superior de Guasave ubicado en [25°31'30.5"N -108°22'37.8"W].

Selección de genotipos

Se seleccionaron seis genotipos f4 de pepino basado en su disponibilidad en el mercado y su mayor en la producción de pepino en invernaderos, que se establecieron en bolsas negras de capacidad de 20 litros, como sustrato se usó arena de río y se sembraron 2.5 plantas por melinal. Y se despuntaron cuando llegaron al cable mas alto.

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un diseño completamente aleatorizado (DCA), con tres repeticiones por cada genotipo. Cada repetición constaba de cinco plantas por genotipo. Los tratamientos fueron los seis genotipos, y las variables evaluadas fueron las siguientes:

Variables agronómicas:

Las variables registradas fueron: Número de hojas por planta, se contaron por el total de la planta; Largo de hoja por planta se midió con una cinta métrica la mitad de la hoja que se encontraba a la mitad de la planta; el largo de entrenudos se midió con una cinta métrica los nudos centrales; número de pepinos por planta, contados a la madurez comercial a lo largo de cuatro cortes.

Las variables de calidad se midió: el largo con la cinta métrica y ancho de pepino con un vernier digital, se contó el número de semillas por pepino, se cortó a la mitad y se obtuvieron las semillas las cuales se contaron y el rendimiento por planta, se cosecharon los frutos y se pesaron con una balanza digital.

Métodos de recolección de datos

Las mediciones de frutos de pepino se realizaron en una mesa que esta fuera del invernadero donde se obtuvieron las semillas y el peso de fruto.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados utilizando ANOVA (Análisis de Varianza) para determinar si existen diferencias significativas entre los genotipos. Las comparaciones de medias se realizaron utilizando la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de variables agronómicas y de calidad

Se presentan los resultados obtenidos para cada variable agronómica y de calidad de fruto medida en los seis genotipos de pepino.

Número de Hojas

Los resultados muestran una diferencia significativa que la genotipo P106 presentó el mayor número de hojas con 35 y el genotipo P102 registró el menor número de hojas con 24, del resto de los genotipos (Figura 1). Según Liu *et al.*, (2022) mencionan que las hojas son los órganos principales para la fotosíntesis, cuanto mayor sea el área de la hoja, más energía luminosa absorbe y más nutrientes, se pueden generar un rendimiento mayor. Por lo tanto, el desarrollo de las hojas juega un papel crucial en el proceso de intercambio de gases, acumulación de nutrientes y transporte de agua en las plantas.

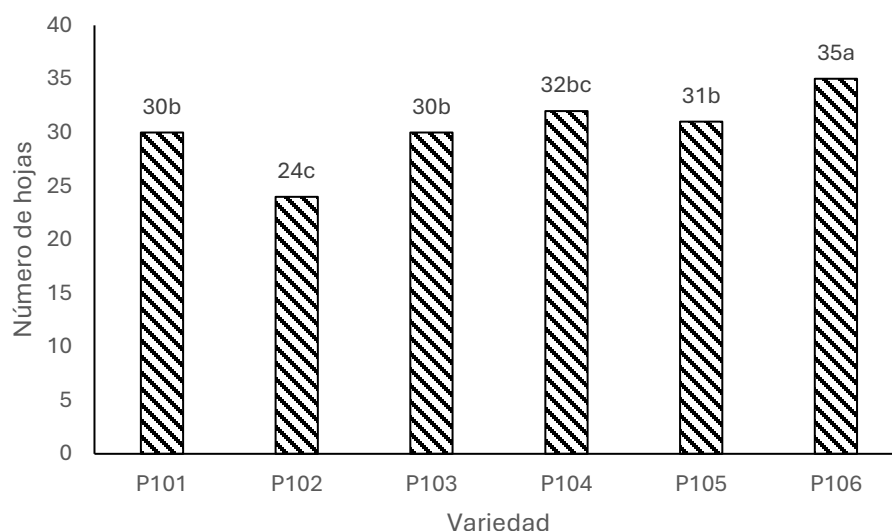


Figura 1 Numero de hojas en genotipos de pepino producidos en invernadero

Acho de hojas

El largo de la hojas mostro diferenciándose significativa entre genotipos y el genotipo P106 registraron el mayor largo de hoja, con valores de 30 cm, en contraste, la variedad P101 presentó el menor largo de hoja, con un promedio de 23 cm, del resto de las variedades (Figura 2). Esto se debe según Liu *et al.*, (2022) que la forma de las hojas de las plantas muestra diversidad bajo la influencia de genes, hormonas y medio ambiente. Diferentes especies de Cucurbitaceae tienen diferentes formas de hojas. Incluso en la misma planta, la forma de la hoja cambia debido a diferentes etapas de desarrollo y ambientes. Este menor desarrollo foliar podría limitar la captación de luz y, en consecuencia, afectar el crecimiento y rendimiento potencial de la planta. Sin embargo, si las hojas son demasiado anchas y delgadas, no es propicio para la retención de agua, es decir, el área de la hoja y el grosor de la hoja están limitados por el suministro de agua (Tsukaya, 2005).

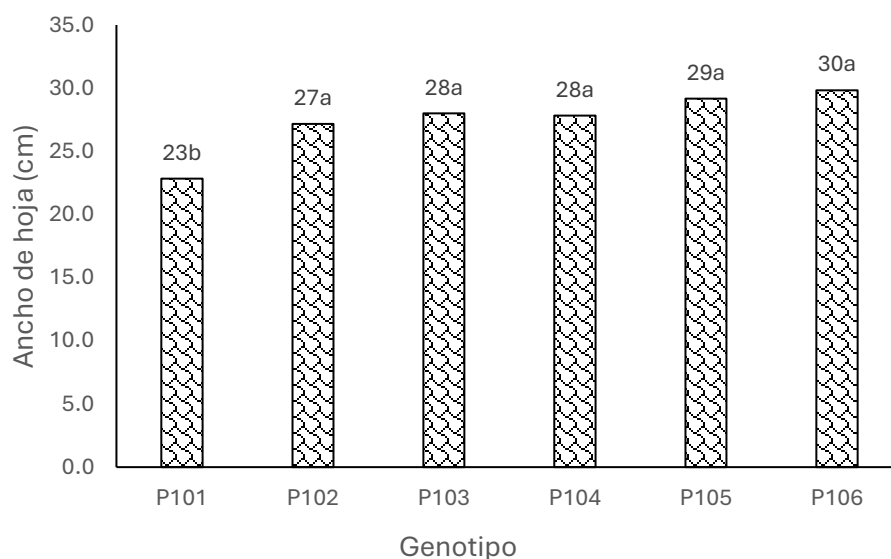


Figura 2 Ancho de hojas en genotipos de pepino producidos en invernadero.

Largo de entrenudos

Entre los genotipo estudiados si hubo diferencias significativas y el genotipo P106 presentaron el menor largo entre nudos, con valor de 10 cm y el genotipo P102 presentó los nudos más largo con 13 cm (Figura 3). Los entrenudos cortos en la planta de pepino generalmente considerados óptimos entre 10 y 15 cm, son fundamentales desde el punto de vista fisiológico y productivo, ya que indican una planta equilibrada, no excesivamente vegetativa, lo que facilita una mejor distribución de asimilados y mayor rendimiento.

La presencia de entrenudos cortos en los pepinos es una característica morfológica y fisiológica de gran importancia en la producción agrícola moderna, especialmente en cultivos intensivos o de invernadero. Esta característica influye directamente en la eficiencia productiva, el manejo de la planta y la precocidad del fruto.

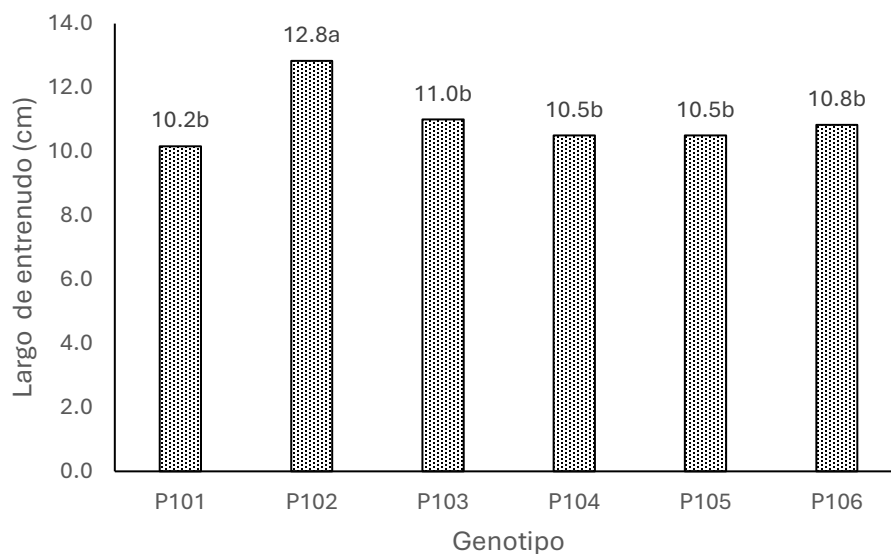


Figura 3 Largo de entrenudos en genotipos de pepino producidos en invernadero.

Número de pepinos

Los genotipos de pepino mostraron diferencia significativa en valores intermedios. Se observa que la variedad P104 presentó el mayor número de pepinos por planta, con un promedio de 7 frutos y genotipo P105 registró el menor número de pepinos por planta, con un promedio de 4 frutos (Figura 4). Investigaciones realizadas por (Ortíz *et al.*, 2009) consideraron que la variable número de frutos y el área foliar por planta son los caracteres más relacionados con el rendimiento por planta.

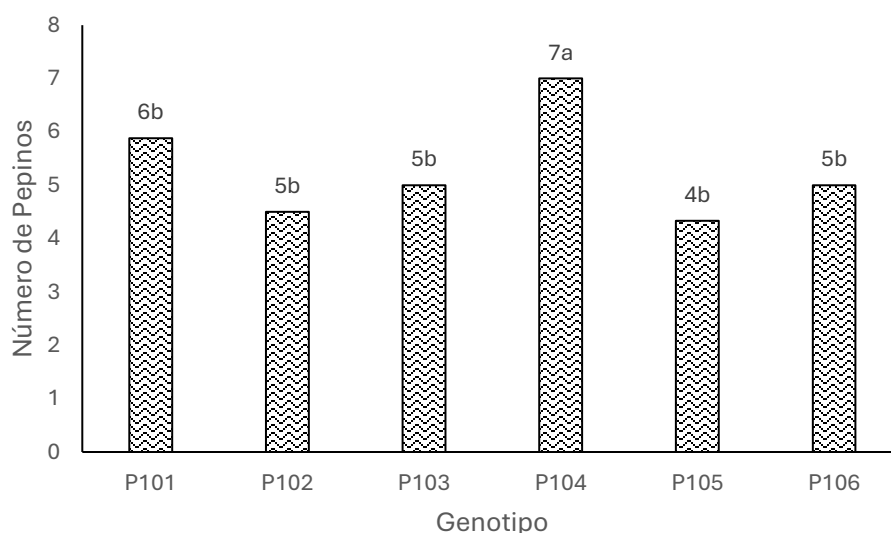


Figura 4 Número de pepinos producidos por plantas en invernadero.

Longitud de pepino

La longitud de pepino si presentó diferencia significativa entre los genotipos medidos (Figura 5). Estos materiales el P105 y P106 presentaron el valor más largo con un promedio (28 cm) y el P104 registró el menor largo promedio (22 cm). Según Marcano et al. (2012), encontraron longitudes de pepino promedio de 21.31 cm, en la variedad Poinsett 76 en plantas de pepino cultivadas en invernadero. En la página de USDA 81997) mencionan que la longitud del pepino americano fluctúa entre 20 y 25 cm, no siendo menor de 15 cm, todos los genotipos aquí evaluados están dentro de ese rango.

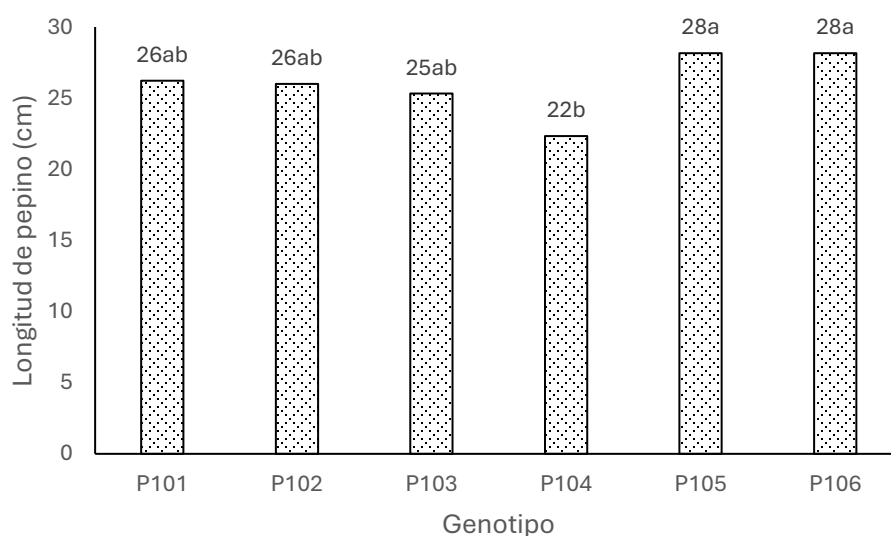


Figura 5 Largo de pepino medido en frutos cosechados en invernadero.

Diámetro de pepino

El diámetro de pepino si genero diferencia estadísticas en los diferentes genotipos medidos (Figura 6). El genotipo de mayor diámetro fue el P102 (6 cm) y contraste, la variedad P105 presentó el menor diámetro promedio (4 cm). En este traba hay diámetros mayores a los reportados por Chacón-Padilla y Monge-Pérez (2020), ellos reportan un el diámetro del fruto entre 4.3 y 5.5 cm para los frutos de primera y segunda calidad. Marcano colaboradores en (2012) reportan 3.7 cm en la variedad Poinsett 76 cultivadas en invernadero. Según USDA, (1997) recomienda que no deba pasar de los 6.0 cm. El diámetro del fruto de pepino es un indicador del proceso de producción, ya que determina la calidad comercial, el momento óptimo de cosecha y la eficiencia energética de la planta.

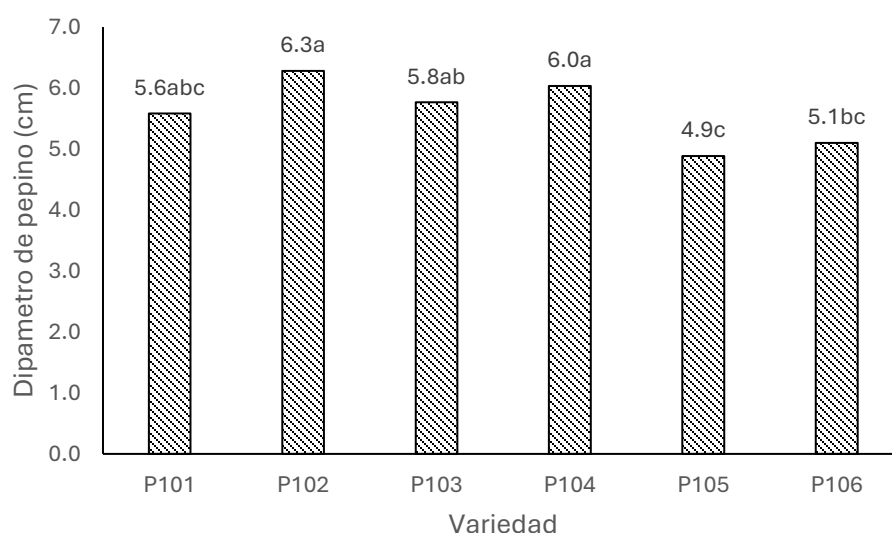


Figura 6 Diámetro de pepino medido en frutos cosechados en invernadero.

Peso de pepino

Los genotipos muestran en la Figura 7 diferencias significativas en el peso de pepino. El genotipo P101 registró el mayor peso promedio de 686 g y el genotipo P102 alcanzó un peso promedio de 514 g. En este trabajo todos los peso de fruto están son mayores a los que reporta Suniaga *et al.* (2008) reportan un peso de frutos desde 271 a 422 g en pepino variedad Poinsett 76, donde el peso del fruto es un indicador fisiológico crucial en la producción de pepino, ya que determina directamente el rendimiento comercial, la calidad poscosecha y la rentabilidad del cultivo. El peso del fruto refleja el éxito de los procesos de asimilación de nutrientes, agua y fotosíntesis de la planta. El peso individual del fruto es un parámetro clave en la poscosecha, utilizado para medir la pérdida de agua (deshidratación) tras el corte. Un buen peso fisiológico inicial garantiza mayor firmeza y vida comercial (Abd El-Mageed *et al.*, 2018).

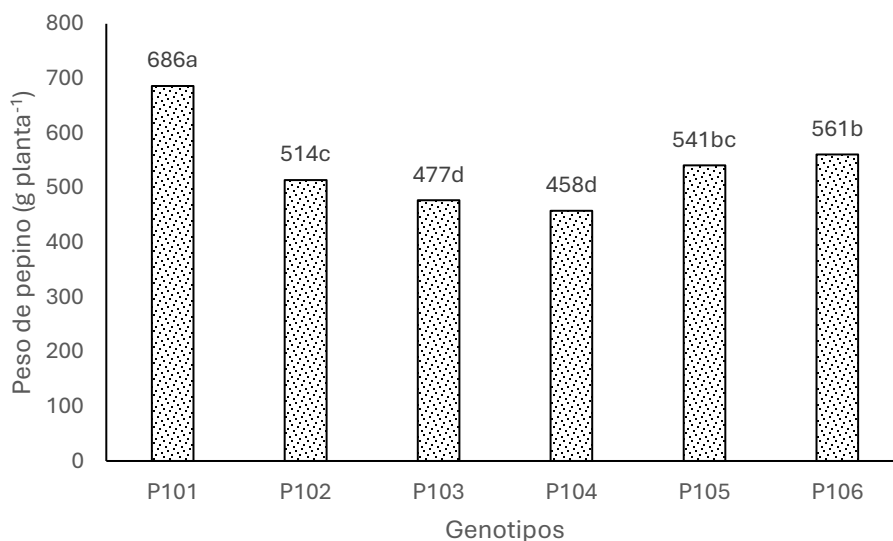


Figura 7 Peso de pepino de los diferentes genotipos producidos en invernadero.

Número de semillas

El número de semillas contadas en los diferentes genotipos resultó con diferencia significativas. La el genotipo P104 presentó el mayor número de semillas con 234 y en contraste, la variedad P101 obtuvo 117 semillas. El número de semillas en el fruto de pepino es un factor fisiológico crítico que influye directamente en el desarrollo, tamaño, forma y calidad final del producto, impactando la rentabilidad del proceso de producción. Aunque en la producción comercial moderna se prefieren variedades partenocarpas (sin semillas), entender el papel fisiológico de la semilla es fundamental para la regulación del crecimiento del fruto. Los caracteres morfológicos de las semillas de frutos de gran tamaño, no muestran la ventaja de tener más semillas por fruto porque los óvulos en el extremo del pedúnculo no están fertilizados y también tienen una fuerte tendencia a la partenocarpia y producen una alta proporción de óvulos no fertilizados o semillas vacías (Navitha *et al.*, 2019).

A diferencia de las frutas que se consumen maduras, donde los atributos metabólicos como el dulzor, el sabor y el aroma son determinantes clave de la calidad, las características predominantes que impulsan la calidad del fruto del pepino son morfológicas: tamaño y forma; características externas, como serosidad, espinas y verrugas; y características internas, como el grosor de la pulpa y el tamaño de la cavidad de la semilla (Grumet *et al.*, (2023).

Las semillas en desarrollo son demanda de asimilados (nutrientes). Si un fruto tiene demasiadas semillas, puede competir excesivamente con la planta, limitando el crecimiento de otros frutos o el follaje. Calidad de la Semilla y el Fruto: Estudios indican que frutos medianos a menudo muestran una mejor relación semilla-fruto (935 semillas aprox. en algunos estudios), mientras que frutos extremadamente grandes pueden disminuir la calidad interna o tener un crecimiento más lento (Grumet *et al.*, 2023).

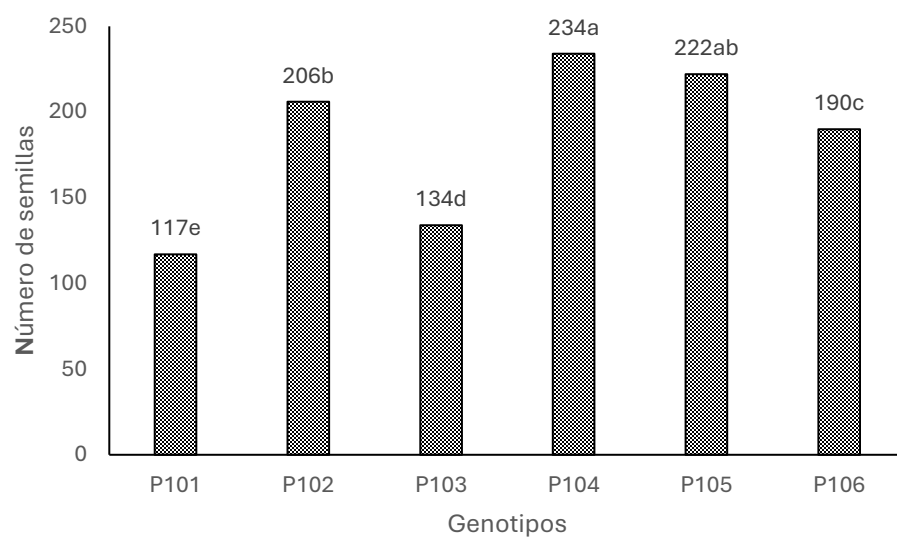


Figura 8 Número de semillas contadas en pepino de los diferentes genotipos producidos en invernadero.

Rendimiento

El análisis estadístico en el rendimiento de los diferentes genotipos evidenció diferencias significativas en el comportamiento agronómico de materiales evaluados bajo condiciones de invernadero.

Por otro lado, el genotipo P01 mostró el mayor rendimiento con 4 kg y el genotipo P102, P103 y P105 presentaron menor rendimiento de fruto con 2.3 kg se refleja su bajo potencial productivo (Figura 8). Según Ortiz-Cereceres *et al.*, (2009) Rendimiento, Área foliar y número de frutos por planta, en este orden de importancia, fueron los caracteres que más redujeron su expresión al aumentar la densidad de población.

Sin embargo, Hochmuth, (2015) y Chacón-Padilla y Monge-Pérez (2017) reportan que, para un período de cosecha de 12 semanas, en un cultivo de pepino bien manejado en invernadero, el rendimiento total puede variar entre 9.0 y 11.3 g/planta comparados con los obtenidos son bajos.

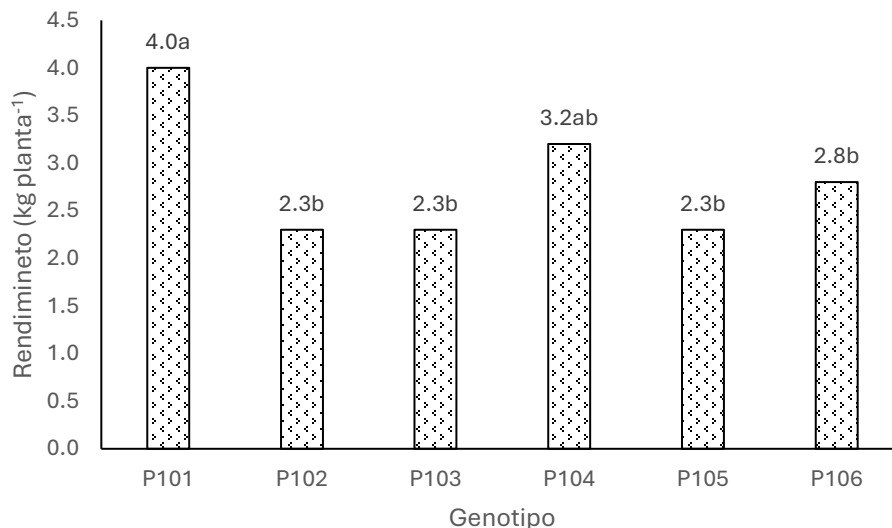


Figura 9 Rendimiento por genotipos de pepino producidos en invernadero.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La evaluación agronómica de seis genotipos de pepino cultivados en condiciones de invernadero, se concluye lo siguiente:

Se comprobó que existe variabilidad significativa entre los genotipos evaluados, lo que demuestra que la genética del material vegetal influye directamente en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo bajo condiciones controladas.

El genotipo P01 obtuvo el mayor peso y rendimiento promedio de fruto con 682 g planta⁻¹ y 4 kg planta⁻¹, lo que indica su alto potencial productivo en comparación con los demás genotipos en invernadero.

Con base en las conclusiones derivadas del estudio, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda el uso del genotipo 6 para sistemas de producción en invernadero que busquen frutos de mayor longitud y vigor vegetativo.
- Se recomienda el uso del genotipo P01 para obtención de frutos con mayor peso y rendimiento, se sugiere la utilización de este material para futuros generación de híbridos..
- Se recomienda realizar evaluaciones en diferentes ciclos productivos y ambientes, con el fin de determinar la estabilidad y adaptabilidad de los genotipos a lo largo del tiempo.
- Para futuros trabajos de investigación, se sugiere incrementar el número de repeticiones y el tamaño de muestra, lo que permitirá obtener resultados más robustos y confiables.
- Asimismo, es recomendable que los productores consideren no solo el rendimiento agronómico, sino también las exigencias del mercado y la calidad comercial del fruto al seleccionar un genotipo.

REFERENCIAS

- Abd El-Mageed, T.A., W.M. Semida, R.S. Taha, M.M. Rady. (2018). Effect of summer-fall deficit irrigation on morpho-physiological, anatomical responses, fruit yield and water use efficiency of cucumber under salt affected soil. *Scientia Horticulturae*. 237: 148-155.
- hydroponicsystems. (20 de abril de 2023). Obtenido de Cómo aumentar el rendimiento de pepino por hectárea en invernadero: <https://hydroponicsystems.eu/es/pepino-por-hectarea-en-invernadero/#:~:text=El%20rendimiento%20de%20los%20pepinos%20pued e%20verse%20afectado%20por%20diversos,plagas%20y%20enfermedade s%2C%20entre%20otros>.
- Castro, L.,(2023). "Evaluación de genotipos de pepino en diferentes ambientes controlados". *Revista de Ciencias Agrícolas*, 45(2), 89-105.
- Chacón-Padilla K. y J. E. Monge-Pérez (2020). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero: comparación entre tipos de pepino Tecnología en Marcha. 33(1). <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v33i1.5018>
- Días, P. (2019). "Producción y calidad de pepino en invernadero". *Journal of Horticultural Science*, 14(3), 234-250.
- Gálvez H F (2004) El cultivo de pepino en invernadero. In: Manual de Producción Hortícola en Invernadero, 2a ed. R J Castellanos (ed). INTAGRI. Celaya, Gto. México. pp:282-293.
- García, J. (2020). "Comparación de variedades de pepino bajo cultivo protegido". *Agrociencia*, 54(1), 33-50.
- Gómez, M., Tafoya, F. A., y Elías, J. (2015). "Estrategias de manejo para la mejora del rendimiento de pepino". *Ciencia Rural*, 45(4), 567-582.
- Hernández, A., N. Rives., y M. Heydrich. (2020). "Evaluación de parámetros agronómicos en cultivos de pepino en invernadero". *Agricultura Científica*, 32(2), 112-128.
- Horticom. (2010). Las cucurbitáceas: bases para su mejora genética. *Horticultura Internacional*, 16-21. http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rhi53/16_21.pdf

- Hochmuth, R. C. (2015). Greenhouse cucumber production - Florida greenhouse vegetable production handbook (3). Available: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/CV/CV26800.pdf>. [Último acceso: 2026].
- FAOSTAT. (2023). Crops and livestock products: Cucumber production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/>
- Infoagro. (2025). El cultivo del pepino (Parte I). https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_pepino__parte_i_.asp
- Intagri. (2019). Producción de pepino en invernadero. <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/produccion-de-pepino-en-invernadero>
- Grumet R., L. Ying-Chen y S. Rett-Cadman (2023). Morphological and Genetic Diversity of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Fruit Development. *Plants*. 12(1), 23; <https://doi.org/10.3390/plants12010023>
- Li, S., Pan, J., Wen, H., Du, H., Mu, S., & Lian, H. (2019). Integrated analysis of genes associated with heterosis in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Scientific Reports*, 9(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55000-0>
- Liu Y., H. Xi, H. Wang (2022). Research Progress in Leaf Related Molecular Breeding of Cucurbitaceae *Agronomía*, 12 (11): 2908; <https://doi.org/10.3390/agronomy12112908>
- Luna, R. (2022). "Genotipos de pepino: respuesta productiva y calidad de fruto en invernadero". *Horticultura Internacional*, 28(2), 78-93.
- Marcano M., I. Acevedo, J. Contreras, O. Jiménez, A. Escalona y P. Pérez. (2012) Crecimiento y desarrollo del cultivo pepino (*Cucumis sativus* L.) en la zona hortícola de Humocaro bajo, estado Lara, Venezuela. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(8):1629-1636
- Martínez, E. (2018). "Rendimiento y calidad de frutos en diferentes genotipos de pepino". *Revista de Biotecnología Agrícola*, 16(1), 19-34.
- Navitha P., K. Sujatha, A. Beulah (2019). Effect of fruit size on physiological seed quality parameters of Cucumber (*Cucumis sativus*). *Journal of Applied and Natural Science*. 11(2): 394- 397.

- OLIN VALDES, J. O. (17 de febrero de 2022). Universidad Autonoma del Estado de Mexico . Obtenido de EL CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.), EN CONDICIONES DE CIELO ABIERTO E INVERNADERO: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/137961>
- Ortiz-Cereceres J., F. Sánchez del Castillo, M. del C. Mendoza-Castillo y A. Torres-García. (2009). Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. *Revista fitotecnia Mexicana*. 32(4) 289-294.
- Pérez. (2016). "Producción sustentable de hortalizas en ambientes protegidos". *Revista de Agroecología*, 11(2), 45-60.
- Puranik, S., Sahu, P. P., Srivastava, P. S., & Prasad, M. (2021). Genetics and breeding of cucurbits for stress tolerance. En *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops* (pp. 45-89). Springer.
- Resh H M (2001) Cultivos Hidropónicos. 5a ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 558 p.
- SADER (2026) Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (21 de enero de 2026). Pepino mexicano, el favorito de muchos. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/pepino-mexicano-el-favorito-de-muchos>
- Sánchez, F., y Jaramillo J. (2021). "Mejoramiento genético de hortalizas: enfoque en pepino". *Revista de Genética Agrícola*, 36(1), 67-82.
- Sari, N., Solmaz, I., & Aras, V. (2022). Breeding of Cucumbers: Current Status and Future Prospects. *Horticultural Reviews*, 49, 131-180.
- Sebastian, P., Schaefer, H., Telford, I. R., & Renner, S. S. (2010). Cucumber (*Cucumis sativus*) and melon (*C. melo*) have numerous wild relatives in East and South Asia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(32), 14269-14273. <https://doi.org/10.1073/pnas.1005338107>
- Suniaga, J.; Rodríguez, A.; Rázuri, L.; Romero, E. y Montilla, E. 2008. Fertilización, mediante fertirriego, durante diferentes etapas del ciclo de cultivo del pepino

- (*Cucumis sativus* L.) en condiciones de bosque seco premontano. *Agric. Andina*. 15:56-65.
- Tsukaya, . H. (2005). Leaf shape: Genetic controls and environmental factors. *Int. J. Dev. Biol*, 49, 547–555.
- Usda. 1997. United States Standards for grades of cucumbers. United States Department of Agriculture. Agricultural Marketing Service. Fruit and Vegetable Division. Fresh Products Branch. P. 7.
- Wehner, T.C.; Maynard, D.N. 2003. Cucumbers, melons, and other cucurbits. Volume 1. *Encyclopedia of food and culture*. New York, USA. 474-479.
- Wikifarmer. (29 de julio de 2025). Análisis profundo: Mercado global del pepino 2024/2025. <https://wikifarmer.com/library/es/article/an%C3%A1lisis-profundo-mercado-global-del-pepino-20242025>

ANEXOS (Opcional).

1. Trasplante



2. Plagas y Enfermedades



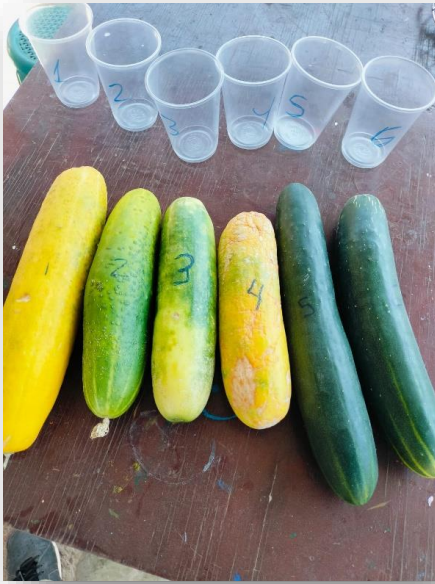
3. Desarrollo Vegetativo



4. Desarrollo del Fruto



5. Recolección de Semilla



6. Conteo de Semillas

