

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA



Evaluación de Aminofol potasio en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) bajo
invernadero

Por:

EVELYN QUIROZ ROMERO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Evaluación de Aminofol potasio en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) bajo
invernadero

Por:

EVELYN QUIROZ ROMERO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

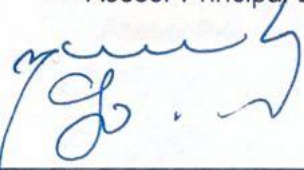
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité Asesor:


DR. VALENTIN ROBLEDO TORRES
Asesor Principal


DRA ARELI GONZALEZ CORTES
Asesor Principal Externo


DRA LAURA RAQUEL LUNA GARCIA
Coasesor


DRA NADIA LANDERO VALENZUELA
Coasesor


DR ALBERTO SANDOVAL RANGEL
Coordinador de la División de Agronomía



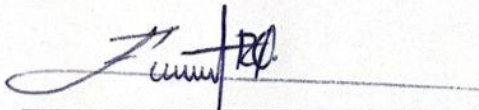
DERECHOS DE AUTOR Y DECLARACION DE NO PLAGIO

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Asimismo, tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Autor principal



Evelyn Quiroz Romero

Asesor principal



Dr. Valentín Robledo Torres

Agradecimientos

En primer lugar, agradecerle a **Dios** por haber sido mi guía y compañero durante cada paso de este recorrido, y por permitirme llegar a la culminación de una de las metas más importantes de mi vida

A mi Mama, **Minerva Romero** quiero darle mi más profundo agradecimiento por todo el esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional que me brindo durante este largo camino. Gracias por nunca dejarme sola y por acompañarme en cada paso de esta etapa tan importante de mi vida. Aunque enfrentamos momentos difíciles, siempre encontré en ti la fuerza, el apoyo y la motivación para seguir adelante.

A mis abuelos paternos, **Manuel Quiroz y Teresa Hernández**, quiero expresarles un gran agradecimiento, porque también sin ellos este logro tampoco habría sido posible, gracias por acompañarme durante todos mis años de formación académica, brindándome siempre su apoyo, amor y confianza.

Gracias **Tita**, por siempre estar presente a la distancia, por cada llamada de todos los días, por cada palabra de aliento y por cada consejo que me brindaste cuando me sentía estresada o preocupada por exámenes.

A mis hermanos, **Mariana Quiroz y Sebastián Quiroz**, quiero decirles que gracias por todo el apoyo, cariño y comprensión que me han brindado a lo largo de este camino, gracias también por estar siempre al lado de nuestra mama y por ser un gran apoyo para ella en cada momento.

A mi **Alma Terra Mater**, le expreso mi más sincero agradecimiento por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de formar parte de esta gran institución.

Mi más sincero agradecimiento también al **Dr. Valentín Robledo Torres** por a ver confiado en mí y brindarme la oportunidad de desarrollar este proyecto de tesis. Su orientación, apoyo y disposición fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

Al **Ing. Deyta** le daré uno de los más grandes agradecimientos, por todo el apoyo, cariño y confianza que me brindo durante mi estancia en la Narro. Su ayuda fue de mucho apoyo, especialmente cuando tenía problemas en la universidad y usted siempre estuvo dispuesto a solucionar esos problemas.

L e agradezco a **Mi Tía Lupita** y a **Mi Tio Arturo**, por abrirme las puertas de su hogar y de su corazón. Gracias por cada consejo, por cada momento compartido, por las risas, las conversaciones y por estar presentes en los momentos más importantes de mi vida.

A **Mi Tía Gloria** y a **Mi Tío Gerardo** por ser una familia de gran apoyo para mí y por acompañarme en cada momento de mi vida universitaria. Gracias por todo.

A mis amigos **Chilopa** y **Lalo**, gracias por ser parte de mi círculo de amigos y más desde la prepa, gracias por cuidarme, aconsejarme y ayudarme cuando ya no sabía qué onda con las materias.

A mis **ex roomies**, **Juliancito**, **Brayitan** y **Chuchito**, quiero agradecerles por haber sido mucho más que compañeros de casa, fueron una verdadera familia para mí durante esta etapa de mi vida. Gracias por todos los momentos que compartimos, por las risas interminables, las anécdotas y cada recuerdo que construimos tanto dentro como fuera de casa. Gracias por cuidar de la "niña de la casa".

Juliancito y **Brayitan** gracias por todas las risas, los momentos compartidos y las historias que hicieron de esta etapa una de las mejores de mi vida. Gracias por ser los cocineros estrellas de la casa, mientras yo solo los veía cocinar y cumplía con lo más importante ir por las tortillas y el refresco jajaja y lavar los trastes.

A mi **amiga Yasmin**, darle las gracias por acompañarme durante todo este recorrido universitario y por convertirte en mucho más que una amiga, para mí has sido una hermana. Gracias por cada momento compartido a lo largo de estos 5 años.

A mis **pelones Yaelo** y **Granda** decirles que, aunque fueron las personas que conocí más recientemente, en muy poco tiempo lograron convertirse en una parte importante de mi familia buitre. Gracias por llegar a mi círculo social y por llenar esta última etapa de la carrera de momentos inolvidables.

Yaelo, gracias por todas las aventuras tan random que vivimos, por las risas, las ocurrencias y todos esos momentos que hicieron más divertida esta etapa de mi vida. También quiero agradecerte por ser un gran "chalancito".

Tirado, gracias por ser un gran amigo en mi último semestre, en mis últimos días de convivencia contigo han sido muy chidas, gracias por ser mi amigo confidente en mis últimas locuras que pasaron en tu casa jaja y por último agradecerte por cuidarme en nuestras salidas y no dejarme solita.

Dedicatorias

Dedico esta tesis principalmente a **mi madre, Minerva Romero Escalante**, por su amor, esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional durante toda mi carrera profesional. Gracias por creer siempre en mí, por impulsarme a seguir adelante en los momentos difíciles y por ser el pilar fundamental que hizo posible alcanzar esta meta.

Gracias, por darme la oportunidad de estudiar una carrera profesional y por todos los sacrificios que realizaste para que pudiera cumplir este sueño.

A mis **abuelos paternos, Teresa Hernández y Manuel Quiroz**, por el gran apoyo que me brindaron a lo largo de mi formación académica. Gracias por ayudarme tanto económica como emocionalmente, por sus consejos y por motivarme a seguir adelante cuando más necesitaba escuchar el apoyo de alguien. Su confianza en mí fue una fuente constante de fortaleza e inspiración para alcanzar esta meta.

A mis **abuelos maternos, Socorro Romero y Amelia Escalante**, quienes, aun a la distancia, siempre me brindaron palabras de aliento, motivación y confianza para continuar persiguiendo mis objetivos.

A mis **hermanos, Mariana Quiroz y Sebastián Quiroz**, por ser un gran apoyo para nuestra madre y por acompañarme en este camino con cariño y comprensión.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este logro. Esta tesis también les pertenece.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Objetivo General.....	3
1.2.	Objetivos Específicos	3
1.3.	Hipótesis	3
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1.	Origen del Pepino.....	4
2.2.	Clasificación Taxonómica.....	6
2.2.1	Descripción Botánica	6
2.3.	Producción Mundial	8
2.4.	Producción Nacional.....	9
2.5.	Características de Calidad del Producto	9
2.6.	Clasificación del Producto de Acuerdo al Mercado	10
2.7.	Requerimientos Edafoclimáticos	10
2.8.	Plagas y Enfermedades del Cultivo	13
2.9.	Importancia de la nutrición vegetal.....	15
2.9.1	Macronutrientes Esenciales	16
2.9.2	Micronutrientes Esenciales.....	16
2.9.3	Función del Potasio en las Plantas	17
2.9.4	Deficiencia y Toxicidad de Potasio	18
	Deficiencia de Potasio	18
	Toxicidad de Potasio	18
2.10	Bioestimulantes y Fertilización Foliar.....	19
2.10.1	Concepto de Bioestimulantes	19
2.10.2	Tipos de Bioestimulantes Agrícolas	19
2.10.3	Aminoácidos en la Nutrición Vegetal.....	20
2.10.4	Fertilizantes Foliares	21
2.11	Aminofol Potasio	21
2.11.1	Descripción y Composición Química del Aminofol Potasio	22
2.11.2	Modo de Acción del Aminofol Potasio.....	23
2.11.3	Funciones Fisiológicas de los Aminoácidos.....	23
2.11.4	Funciones Fisiológicas del Potasio	24
2.11.5	Efectos sobre el Crecimiento y Desarrollo Vegetal.....	25
	Efectos en el Crecimiento Vegetativo	25
	Efectos en la Floración y Cuajado de Frutos.....	25
	Efectos en el Llenado y Calidad de Frutos	26
2.11.6	Uso de Aminofol Potasio en Cultivos Hortícolas	26
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	27

3.1.	Ubicación del Experimento	27
3.2.	Material Vegetal Utilizado	27
3.3.	Establecimiento del Cultivo.....	28
3.3.1.	Preparación del suelo.....	28
3.3.2.	Siembra.....	29
3.3.3.	Tutorado.....	29
3.3.4.	Manejo Nutricional	30
3.3.5.	Manejo Sanitario.....	31
3.3.6.	Frecuencia de Riego.....	31
3.4.	Tratamientos Evaluados.....	32
3.5.	Variables Evaluadas	33
3.5.1.	Peso del Fruto (PF).....	33
3.5.2.	Longitud del Fruto (LF).....	33
3.5.3.	Diámetro Ecuatorial (DE)	33
3.5.4.	Firmeza (FIR).....	34
3.5.5.	Sólidos Solubles Totales (SST).....	34
3.5.6.	Vitamina C (VC).....	35
3.5.7.	Diseño Estadístico	36
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1	Peso Promedio del Fruto (PPF)	37
4.2	Longitud del Fruto (LF)	38
4.3	Diámetro Ecuatorial del Fruto (DE).....	39
4.4	Firmeza del Fruto (FIR)	40
4.5	Sólidos Solubles Totales (SST)	42
4.6	Vitamina C (VC)	43
	Conclusiones	47
	Referencias.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:Clasificación taxonómica del pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.).....	6
Tabla 2:Descripción de los tratamientos evaluados con Aminofol Potasio en el cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) bajo invernadero.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Peso promedio del fruto de pepino, en respuesta a la aplicación de aminofol potasio.	38
Figura 2: Longitud del fruto de pepino en repuesta a la aplicación de tratamientos de aminofol potasio al cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero.....	39
Figura 3: Diámetro ecuatorial de fruto de pepino en repuesta a la aplicación de tratamientos de aminofol potasio al cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero.....	40
Figura 4: Firmeza de fruto de pepino en respuesta a la aplicación de niveles de aminofol potasio.	41
Figura 5: Sólidos solubles del fruto de pepino cultivado en invernadero, con aplicación de cuatro niveles de fertilización foliar.	43
Figura 6: Contenido de vitamina C en frutos de pepino producidos bajo condiciones de invernadero en Saltillo. Coahuila.	44
Figura 7: Contenido de vitamina C en frutos de pepino producidos bajo condiciones de invernadero en Saltillo. Coahuila.	446

RESUMEN

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia económica y alimentaria a nivel mundial debido a su alta demanda en mercados nacionales e internacionales. La productividad y calidad de este cultivo dependen en gran medida de un manejo nutricional adecuado, por lo que el uso de bioestimulantes constituye una alternativa para mejorar el rendimiento y la eficiencia fisiológica de las plantas. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes dosis de Aminofol Potasio sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo de pepino híbrido Paraíso F1 bajo condiciones de invernadero.

El experimento se llevó a cabo en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos: T1 (testigo sin aplicación de Aminofol Potasio), T2 (4 mL L⁻¹), T3 (6 mL L⁻¹) y T4 (8 mL L⁻¹), con aplicaciones foliares semanales. El cultivo se manejó bajo fertirriego mediante una solución nutritiva convencional y se evaluaron variables de crecimiento, rendimiento y calidad de fruto durante el ciclo productivo.

Los resultados mostraron una tendencia favorable de los tratamientos con Aminofol Potasio respecto al testigo, destacando el tratamiento T2 por presentar los mayores valores en diversas variables productivas, incluyendo el peso promedio por corte. Aunque en algunas variables no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, se observó una mejora agronómica asociada a la aplicación del bioestimulante, atribuida a la acción conjunta de los aminoácidos y el potasio en la regulación metabólica, la fotosíntesis y la translocación de fotoasimilados hacia los frutos.

Se concluye que la aplicación foliar de Aminofol Potasio constituye una herramienta complementaria para el manejo nutricional del pepino en condiciones de invernadero, favoreciendo el desarrollo y rendimiento del cultivo. La dosis de 4 mL L⁻¹ (T2) mostró el mejor comportamiento productivo, por lo que puede considerarse una alternativa viable para incrementar la eficiencia productiva y la calidad de los frutos.

Palabras clave: *Cucumis sativus* L., bioestimulantes, aminoácidos, potasio, fertirriego, rendimiento, calidad de fruto, agricultura protegida.

Abstract

Cucumber (*Cucumis sativus* L.) is one of the most important vegetable crops worldwide due to its high economic value and consumer demand. Adequate plant nutrition is essential to achieve high yields and fruit quality, and the use of biostimulants has emerged as an effective strategy to improve crop performance. The objective of this study was to evaluate the effect of different doses of Aminofol Potassium on the growth, yield, and fruit quality of the cucumber hybrid Paraíso F1 under greenhouse conditions.

The experiment was conducted at the Department of Horticulture of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, located in Saltillo, Coahuila, Mexico. A completely randomized design was established with four treatments: T1 (control, without Aminofol Potassium), T2 (4 mL L⁻¹), T3 (6 mL L⁻¹), and T4 (8 mL L⁻¹). Foliar applications were performed weekly, while crop nutrition was supplied through a conventional fertigation program. Growth, yield, and fruit quality variables were evaluated throughout the production cycle.

The results showed a positive response to Aminofol Potassium application compared with the control treatment. Among the evaluated treatments, T2 presented the highest values for several productive variables, including average fruit weight per harvest. Although statistical differences were not detected for all variables, a favorable agronomic trend was observed in plants treated with the biostimulant. This response can be attributed to the combined action of amino acids and potassium, which enhance metabolic activity, photosynthetic efficiency, nutrient uptake, and assimilate translocation toward developing fruits.

It is concluded that foliar application of Aminofol Potassium can be used as a complementary tool in cucumber nutritional management under greenhouse conditions. The dose of 4 mL L⁻¹ showed the best productive performance and represents a viable alternative for improving crop productivity and fruit quality.

Keywords: *Cucumis sativus* L., biostimulant, amino acids, potassium, fertigation, yield, fruit quality, greenhouse production.

I. INTRODUCCIÓN

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una de las hortalizas de mayor consumo a nivel mundial debido a su valor nutricional, su versatilidad culinaria y su importancia económica (Moreno, 2013). En México, este cultivo ocupa un lugar destacado dentro del sector hortícola, ya que el país se posiciona entre los principales exportadores de pepino a nivel mundial, además de representar una fuente importante para el consumo interno (Gobierno de México, 2023).

Desde el punto de vista nutricional, el pepino se caracteriza por su alto contenido de agua, que oscila entre 95 y 96 %, lo que le confiere propiedades hidratantes y un bajo aporte calórico. Asimismo, contiene fibra soluble, minerales, vitaminas y diversos compuestos antioxidantes que contribuyen al mantenimiento de la salud humana (EUFIC, 2020; PROFECO, 2021). Estas características han favorecido el incremento de su demanda en los mercados nacionales e internacionales.

Para alcanzar altos niveles de productividad y calidad en el cultivo de pepino, es indispensable implementar estrategias de nutrición vegetal eficientes. Entre ellas, la fertilización foliar constituye una herramienta complementaria a la fertilización convencional aplicada al suelo, ya que permite suministrar nutrientes de manera rápida y eficiente, corrigiendo deficiencias nutricionales y favoreciendo el desarrollo de las plantas (Laboratorios A-L de México, s. f.). Además, este método facilita la absorción de nutrientes poco móviles, como el calcio, así como de micronutrientes esenciales tales como cobre, manganeso, molibdeno, zinc y hierro (AEFA, 2024).

En este contexto, el uso de fertilizantes foliares enriquecidos con aminoácidos y potasio ha cobrado relevancia debido a su capacidad para mejorar diversos procesos fisiológicos de las plantas. El Aminofol Potasio participa en mecanismos relacionados con la regulación osmótica, la apertura y cierre estomático, la tolerancia al estrés ambiental y la resistencia frente a plagas y enfermedades, contribuyendo al adecuado crecimiento y desarrollo de los cultivos (Fretel, 2024).

Con base en lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de Aminofol Potasio en el cultivo de pepino tipo americano bajo condiciones de invernadero. Para ello, se analizaron variables relacionadas con la respuesta fenológica, el rendimiento y la calidad de los frutos, incluyendo diámetro y longitud de fruto, contenido de vitamina C y número de cosechas. Los resultados obtenidos permitirán determinar la eficacia de este producto como complemento nutricional y generar información que contribuya al desarrollo de estrategias de manejo orientadas a mejorar la productividad y calidad del cultivo de pepino en sistemas de agricultura protegida.

1.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de Aminofol Potasio de la empresa BioStar México sobre la respuesta fenológica y el rendimiento del cultivo de pepino tipo americano (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero.

1.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de Aminofol Potasio sobre las etapas fenológicas del cultivo de pepino tipo americano.
- Determinar la influencia de Aminofol Potasio en variables de crecimiento como altura de planta y diámetro de tallo.
- Cuantificar el efecto de los tratamientos sobre variables de rendimiento, incluyendo número de frutos, peso de fruto y rendimiento por planta.
- Identificar la dosis de Aminofol Potasio que genere la mejor respuesta productiva bajo condiciones de invernadero.

1.3. Hipótesis

Las diferentes dosis de Aminofol Potasio generan respuestas fenológicas y productivas distintas en el cultivo de pepino tipo americano (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero, existiendo al menos una dosis que mejora significativamente el rendimiento respecto al tratamiento testigo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del Pepino

El pepino (*Cucumis sativus* L.) forma parte de la familia Cucurbitaceae y se encuentra entre las hortalizas de mayor importancia económica y alimentaria a nivel mundial. Diversos estudios indican que su origen se ubica en el sur de Asia, particularmente en la India, región donde se han identificado poblaciones silvestres relacionadas con las variedades cultivadas y evidencias de su domesticación desde tiempos antiguos. Entre los materiales silvestres asociados a la especie, *Cucumis sativus* var. *hardwickii* ha sido señalada como uno de los parientes más cercanos del pepino moderno (Renner et al., 2007).

A lo largo de la historia, el cultivo se extendió desde Asia hacia otras regiones del mundo. Su incorporación a los sistemas agrícolas de China favoreció su expansión y consolidación como una especie de gran relevancia productiva. Más tarde fue difundido en Europa y posteriormente introducido al continente americano, donde encontró condiciones favorables para su establecimiento y desarrollo (Robinson y Decker-Walters, 1997).

En la actualidad, el pepino se produce en numerosas regiones agrícolas debido a su capacidad de adaptación y a la creciente demanda del mercado. Sus frutos son apreciados tanto para consumo en fresco como para procesos de transformación industrial. Además de su importancia económica, destacan por aportar vitaminas, minerales y diversos compuestos bioactivos que contribuyen a una alimentación equilibrada (Paris, 2015).

2.1.1 Importancia del cultivo de pepino

El pepino (*Cucumis sativus* L.) se encuentra entre las especies hortícolas de mayor relevancia a escala mundial debido a su importancia económica, alimentaria y social. Su producción se desarrolla en una amplia variedad de condiciones climáticas, desde regiones templadas hasta zonas tropicales y subtropicales, donde representa una alternativa productiva de gran valor para los agricultores. Los frutos son consumidos principalmente en estado fresco, aunque también constituyen materia prima para la elaboración de encurtidos y otros productos agroindustriales (Robinson y Decker-Walters, 1997).

Desde el punto de vista nutricional, esta hortaliza se caracteriza por su elevado contenido de agua y su bajo aporte energético, lo que la convierte en un alimento ampliamente recomendado en dietas saludables. Asimismo, aporta vitaminas y minerales esenciales, entre los que destacan la vitamina C, vitamina K, potasio y magnesio. Su composición también incluye compuestos antioxidantes y metabolitos de interés para la salud humana, asociados con una alimentación equilibrada y hábitos de consumo saludables (USDA, 2024).

La relevancia económica del cultivo se refleja en su amplia participación dentro de los mercados hortícolas nacionales e internacionales. El desarrollo de sistemas de agricultura protegida ha permitido incrementar la productividad, mejorar la calidad comercial de los frutos y mantener una oferta más constante durante el año. En México, el pepino constituye uno de los cultivos hortícolas con mayor proyección comercial debido a la demanda existente en mercados de exportación, particularmente en los Estados Unidos, lo que genera importantes beneficios para el sector agrícola nacional (SIAP, 2024). Además, su capacidad de adaptación ha favorecido su establecimiento en gran parte del territorio mexicano, donde se produce en numerosos estados bajo diferentes sistemas de manejo (García, 2022).

Adicionalmente, la cadena productiva del pepino contribuye a la generación de empleo en actividades relacionadas con la siembra, manejo agronómico, cosecha, empaque y comercialización. La incorporación de tecnologías como sistemas de riego tecnificado, estructuras protegidas y programas de nutrición especializados ha favorecido mejoras significativas en la eficiencia productiva y en la rentabilidad del cultivo (FAO, 2023).

2.2. Clasificación Taxonómica

Desde el punto de vista taxonómico, el pepino (*Cucumis sativus* L.) se clasifica dentro del reino Plantae y forma parte de la familia Cucurbitaceae, grupo botánico que reúne numerosas especies de importancia agrícola. Esta especie pertenece al género *Cucumis*, el cual incluye plantas de hábito rastrero o trepador ampliamente distribuidas en diferentes regiones del mundo. Como planta angiosperma, el pepino desarrolla flores como órganos reproductivos y produce frutos que son aprovechados para el consumo humano debido a su valor alimenticio y comercial (CONABIO, 2026).

Tabla 1:Clasificación taxonómica del pepino (*Cucumis sativus* L.)

Clasificación taxonómica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Violales
Familia	Cucurbitaceae
Genero	<i>Cucumis</i>
Especie	<i>sativus</i> L.

Fuente: CONABIO (2026)

2.2.1 Descripción Botánica

La planta de pepino presenta las siguientes características morfológicas:

Sistema Radicular

El sistema radicular del pepino se caracteriza por presentar un desarrollo vigoroso, conformado por una raíz principal de la cual emergen numerosas raíces secundarias finas y de color blanco. Estas raíces se distribuyen principalmente en las capas del suelo, donde realizan la mayor parte de la absorción de agua y nutrientes. El sistema radical puede alcanzar profundidades cercanas a 1.10 m (Rodríguez et al, 2024).

Tallos

El tallo del pepino presenta una consistencia herbácea, crecimiento flexible y una estructura angular característica. Su superficie esta recubierta por tricomas que le confieren una estructura áspera. Generalmente la planta desarrolla un habito de crecimiento rastrero, sin embargo, dispone de un soporte o tutorado, puede crecer de forma vertical. Las axilas de las hojas se originan brotes laterales y estructuras florales (Gutiérrez, 2023).

Hojas

Las hojas del pepino son simples y se disponen de manera alterna a lo largo del tallo, ubicándose en posición opuesta a los zarcillos. Presentan una coloración verde intensa y están cubiertas por una fina pubescencia que le proporciona una textura característica. Su forma es generalmente acorazonada, con tres a cinco lóbulos de contorno angular o triangular, destacando el lóbulo central por ser mas pronunciado, aunque esta característica puede variar según la variedad cultivada. El tamaño de las hojas pueden ser entre los 7 y 20 cm de longitud (Gutiérrez, 2023).

Flores

Este cultivo se caracteriza por presentar flores masculinas y femeninas en una misma planta. Por lo que se considera una especie predominantemente monoica. Las flores son de color amarillo y se desarrollan en las axilas de las hojas. Durante las primeras etapas reproductivas del cultivo aparecen inicialmente los

botones florales masculinos, seguidos posteriormente por las flores femeninas, las cuales darán el origen a los frutos después de la polinización y fecundación (Gutiérrez. 2023).

Fruto

El fruto de pepino se caracteriza por ser carnoso, alargado y de forma cilíndrica, aunque sus dimensiones pueden variar de acuerdo con la variedad. La cubierta externa o pericarpio presenta una textura firme y una coloración que puede ir desde verde claro hasta verde oscuro, cambiando a tonalidades amarillentas conforme avanza la maduración. Los frutos partenocárpicos se caracterizan por presentar pocas semillas o carecer completamente de ellas (Gutiérrez, 2023)

Semilla

Las semillas presentan una forma ovalada y aplanada, con una coloración que varía entre blanco y crema claro. Generalmente alcanzan una longitud de 8 a 10 mm y un grosor cercano a 3.5mm. la mayoría de las variedades comerciales han sido mejoradas genéticamente para expresar características como la monoecia y la partenocarpia (Gutiérrez, 2023).

2.3. Producción Mundial

El cultivo de pepino es presentado como una actividad agrícola que ha sobresalido en los últimos años, en las regiones tropicales de Asia sigue produciendo este fruto por la indiscutible demanda (Aguirre, 2023).

De acuerdo con la FAO (2026), a nivel mundial se produjeron aproximadamente 88.2 millones de toneladas de pepinos y pepinillos, siendo China el principal productor con cerca del 76% de la producción total. En menor proporción le siguen Turquía, Irán y Rusia.

En México, la superficie cosechada de pepino fue de aproximadamente 17,000 hectáreas, con una producción superior a 1.1 millones de toneladas, lo que ubica al país entre los primeros diez productores a nivel mundial (Gobierno de México, 2024).

2.4. Producción Nacional

En México la producción agrícola de pepino tiene una gran importancia ya que es una de las principales hortalizas de exportación, se puede producir en diferentes modalidades de invernadero, en malla sombra y orgánico, siendo este último un producto con mayor demanda en los mercados internacionales (Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2024).

Aproximadamente el 70% es destinado a la exportación, siendo Estados Unidos el principal comprador. También figuran como destinos importantes Canadá, Reino Unido, Costa Rica y Cuba (SIAP, 2026).

Del año 2018 al 2019 la siembra del cultivo del pepino se ha mantenido entre las 16,000 y 17,000 ha, con una tendencia al aumento por la gran relevancia de esta hortaliza (SIAP, 2026).

De acuerdo con el SIAP (2026), los estados con mayor producción de pepino en México son Sinaloa, Sonora, Michoacán, Morelos y Guanajuato, los cuales concentran el mayor volumen de producción nacional. Sinaloa encabeza la lista, seguido de Sonora en segundo lugar, destacando la relevancia de la región noroeste del país como zona de alta productividad hortícola

2.5. Características de Calidad del Producto

El pepino americano tiene características de color oscuro y cascara gruesa lo que hace que tenga un buen comportamiento de postcosecha; Se cosechan de 18-23cm (Rodríguez ,2022).

El pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad en días cortos, los frutos van de 19-26 cm de forma cilíndrica, que empieza de un verde claro a pasar a un verde oscuro, su pulpa es acuosa de color blanquecino, con semillas en su interior repartidas a lo largo del fruto al haber alcanzado un desarrollo suficiente (Rodríguez ,2022).

Los frutos de pepino americano son muy parecidos a los pepinos de campo con una piel más áspera y consistente que requiere removerse para ser consumidos, con pequeñas espinas y protuberancias permitiéndoles ser más tolerantes al manejo de campo y al traslado a los centros de consumo comparados con los frutos de pepino europeo y persa (Rodríguez ,2022).

2.6. Clasificación del Producto de Acuerdo al Mercado

En países como Estados Unidos los frutos deben ser empacados de acuerdo a los estándares de calidad equivalente a los grados Super Select, Select y 24 Count, cuyas descripciones se dan a continuación (USAID, 2005).

Super Select: Son pepinos con buen color, bien formados, no tan grandes y que estén frescos, firmes, libres de daños; daño por cicatrices, amarillamiento, quemadura de sol, virus u otras enfermedades, congelamiento, pudriciones, daño de insecto, magullones, sobrecrecido, daño mecánico, o por otros medios. El diámetro máximo de cada pepino no debe ser mayor de 6 cm y la longitud debe ser no menor de 15 cm (Anaya, 1999).

Select: El diámetro y la longitud es igual que Super Select. Por lo menos el 25% de la fruta en la caja debe ser Super Select (Casilimas et al., 2012).

24 Count: Consiste en pepinos que reúnen los requisitos del grado Super Select y Select, excepto por el tamaño. Son los pepinos con diámetro por encima de 6 cm, y una longitud mayor de 15 cm (Araiza, 1990).

2.7. Requerimientos Edafoclimáticos

El pepino se adapta a diferentes clases de suelos, sin embargo, al igual que muchas hortalizas prefiere suelos francos con una profundidad de al menos 20 a 25 cm, y un buen drenaje. En cuanto a pH, el cultivo se adapta a un rango de 5.5 a 7.0, pudiendo tolerar valores de hasta 7.5; se deben evitar suelos ácidos con pH menores de 5.5 (Santacruz, 2020). La planta de pepino tolera conductividad eléctrica de 1.25 a 1.75 dS/m en agua de riego y de 2.25 a 2.75 dS/m en el suelo (Aguirre, 2023).

Requerimientos Hídricos

El cultivo del pepino tiene un ciclo de producción muy rápido por lo que se debe tomar en cuenta la evapotranspiración, las condiciones del clima y la etapa fenológica del cultivo (Aguirre, 2023).

Según (Romero, et al.,2009). Las necesidades hídricas del cultivo de pepino durante su ciclo de producción fueron de 250 mm, con valor promedio de 3.65 mm/día lo que equivale a 1.28L en una planta diaria en término promedio, o a 36 m³/ha.

El pepino es una planta que requiere de un buen consumo de agua en la parte radicular obteniendo altas producciones; el contenido de humedad del suelo se debe mantener a los niveles que se encuentran cercanos a capacidad de campo para evitar problemas de salinidad (Aguirre, 2023).

Entre los periodos críticos de riego en el cultivo de pepino son: durante la germinación de la semilla, la floración y en la formación de frutos. Se recomienda la aplicación de agua en estos periodos de forma controlada (Aguirre, 2023).

En cultivos protegidos de pepino, mediante el sistema de riego por goteo se lleva a cabo el aporte de agua y gran parte de los nutrientes para un buen funcionamiento del estado fenológico de la planta, así como del ambiente a desarrollar tipo de suelo, condiciones climáticas, calidad de agua etc (Aguirre, 2023).

Requerimientos del Suelo

Este cultivo requiere ser producido directamente en el suelo, tiene una gran efectividad con el uso de acolchado plástico, todas las labores culturales al suelo deben de ser implementadas (Incorporación de materia orgánica, uso de compostas, fertilización y uso de abonos verdes) (Aguirre, 2023).

Es recomendable utilizar suelos fértiles y bien drenados, como los arenosos llegando hasta los franco-arcilloso que tengan una buena capacidad de retención del agua. Los suelos francos que poseen abundante materia orgánica con una

profundidad superior a 60 cm permiten tener un buen desarrollo radicular con excelentes rendimientos (Aguirre, 2023).

El pH óptimo se encuentra entre 6.0 y 7.0, aunque la planta puede tolerar valores de hasta 7.5; se deben evitar suelos ácidos (Aguirre, 2027).

Requerimientos Climáticos

Los manejos de los factores climáticos de forma racional en conjunto son importantes para el adecuado funcionamiento del cultivo. Debido a que todos están estrechamente relacionados y uno actúa sobre el resto (Aguirre, 2023).

Radiación:

La radiación solar es importante por ser la principal fuente de energía, debido a que es un factor ambiental en la producción de materia seca y rendimiento de la planta. En el espectro de radiación, la luz visible ocupa solamente una pequeña franja, entre 400 y 700 nm (o bien 380-710 nm) situada entre radiación ultravioleta (UV) y la infrarroja (IR), constituyendo la denominada Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) (Aguirre, 2023).

El aprovechamiento lumínico se relaciona con el desarrollo de la planta y la formación de frutos, si se tiene una reducción en la intensidad lumínica afecta sobre todo en la inducción del botón floral, alargamiento de los entrenudos, tallos delgados, hojas anchas, el cuajado, el tamaño, color, calidad de los frutos (Aguirre, 2023).

Temperatura:

La influencia de la temperatura en el desarrollo de las diferentes etapas fenológicas del cultivo es vital, tanto para la velocidad de crecimiento de las plantas como para el desarrollo del fruto. Los factores ambientales son los que determinan la mayor o menor floración y en consecuencia, la futura producción (Aguirre, 2023).

El óptimo desarrollo y producción del cultivo necesita temperaturas diurnas que van de los 18°-22°C, Temperaturas nocturnas de 20°-25°C. El crecimiento se detiene cuando la temperatura supera los 40°C y menor a 13°C, con una temperatura de 4°C la planta muere (Aguirre, 2023).

Si se alcanzan temperaturas muy altas se induce un incremento en la fotorrespiración que es un mecanismo de protección del aparato fotosintético en donde no se fija CO₂ (Dióxido de carbono), en la etapa de floración afecta la viabilidad del polen y la producción disminuye (Aguirre, 2023).

La calidad del fruto es muy sensible a las altas temperaturas, cuando se superan los 26-30°C, se observan cambios en diversos estándares desde el fruto, la textura y las características organolépticas (Aguirre, 2023).

Humedad Relativa:

Es una planta que requiere elevados niveles de humedad relativa de 60-70% durante el día y por la noche requiere 70-90% para su óptimo desarrollo. Tener una humedad relativa mayor puede favorecer la presencia de enfermedades fúngicas, además de problemas con la producción al reducir la transpiración y la fotosíntesis (Aguirre, 2023).

La humedad relativa menor con temperaturas altas puede provocar una excesiva transpiración y conducir a la caída de flores y de frutos recién cuajados (Aguirre, 2023).

2.8. Plagas y Enfermedades del Cultivo

Plagas:

Pulgones (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*).

La especie pulgón es distribuida en todos los continentes, causando graves daños directos y/o indirectos. Los daños directos que causa son; al atacar brotes tiernos causa una pérdida del vigor de la planta, secretan una saliva fitotóxica

que provocara un enrollamiento de las hojas y la sustancia que produce causara en las hojas un líquido pegajoso.

Los daños indirectos son: La maleza que secretan es una sustancia azucarada que favorece el desarrollo de fumagina, mitigando el paso de la luz, disminuyendo la capacidad fotosintética, la mayor parte de los pulgones son vectores de enfermedades. Los pulgones suelen ser más agresivos en las épocas secas y prefieren las partes más tiernas del follaje (Elisa, 2023).

Trips (*Frankliniella occidentalis* y *Trips tabaci*)

Los síntomas ocasionados son debido a la alimentación de larvas y los adultos sobre las hojas flores y frutos. Los daños se presentan en las hojas con una coloración plateada, posteriormente se tornan necróticas. Su aparato bucal es característico por ser raspador-succionador de la savia de las hojas, Los daños indirectos principalmente se deben a la transmisión de virus (Calderón, 2025).

Mosquita Blanca (*Bemisia tabaci*).

Son insectos con amplias especies vegetales como hospederos, familias como solanáceas, cucurbitáceas, ornamentales, cítricos, crucíferas etc. Algunos de los daños directos que causan: provocan una reducción del vigor de la planta, de la producción y de la calidad del fruto en consecuencia a su alimentación, al succionar la savia del floema puede causar el secado de hojas afectadas. Algunos daños indirectos pueden ser: transmisores de virus, puede provocar una asfixia vegetal debido a las secreciones de una sustancia azucara y que puede provocar fumagina además de la tasa fotosintética (Vélez et al, 2025).

Enfermedades:

Mildiu (*Pseudoperonospora cubensis*).

Es un hongo que pertenece al grupo de los oomicetos, que está relacionado con el pythium y phytophthora, están distribuidos por todo el país y afecta enormemente al pepino. Los sintomas comienzan con pequeñas manchas de color verde palido en forma de mosaico, esto ocurre en la parte del haz de la hoja.

En el envés de la hoja aparece un moho algodonoso de un tono gris-marrón que posteriormente se tornará en un color cenizo (Ortega, et al, 2023).

Ceniza o Polvillo (*Leveillula taurica*).

Los síntomas que presentan en el haz de la hoja, son las decoloraciones esféricas de color amarilloso, posteriormente se desarrolla en grandes cantidades sobre la superficie afectada, formando un polvillo blanco o color cenizo. En el envés, en la zona correspondiente infectada del haz, se llegará a formar un punteado necrótico, muchas veces cubierto de un moho pulverulento blanco (Torregrosa, 2022).

Botrytis o Podredumbre Gris (*Botrytis cinerea*)

Los síntomas más comunes son presentados en tejidos frescos de hojas, tallos, flores y frutos. Se produce una cubierta de moho gris, como consecuencia causa una pudrición, marchitez y muerte de la parte de la planta afectada. El daño durante la formación del fruto presenta una coloración amarillenta pálido, causando el crecimiento y desarrollo del mismo (Sandoval, 2025).

2.9. Importancia de la nutrición vegetal

La nutrición vegetal constituye uno de los pilares fundamentales de la producción agrícola moderna. Las plantas, al igual que cualquier organismo vivo, requieren una serie de elementos químicos esenciales para llevar a cabo sus funciones vitales, incluyendo el crecimiento, la reproducción y la defensa contra patógenos y condiciones adversas. El conocimiento profundo de las necesidades nutricionales de los cultivos permite al productor tomar decisiones informadas sobre la fertilización, optimizando el rendimiento y la calidad de los productos agropecuarios (Pedrera et al, 2023).

La nutrición inadecuada provoca pérdidas económicas, ya sea por reducción en el rendimiento, deterioro de la calidad, mayor susceptibilidad a enfermedades o incremento en los costos de producción debidos al uso ineficiente de insumos. Por ello, entender la función de cada elemento nutritivo, así como los

mecanismos de absorción y translocación dentro de la planta, es indispensable para el manejo agronómico eficiente (Gómez y Román, 2025).

2.9.1 Macronutrientes Esenciales

Los macronutrientes son elementos requeridos por las plantas en cantidades relativamente grandes. Según Oviedo et al (2024), se dividen en dos grupos:

Macronutrientes primarios: Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K). Son los que las plantas consumen en mayores cantidades y los que con más frecuencia resultan deficientes en los suelos agrícolas.

- El Nitrógeno es el elemento más demandado por los cultivos. Forma parte de las proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos y clorofila. Su deficiencia se manifiesta como clorosis generalizada que inicia en las hojas más viejas.
- El Fósforo es fundamental en los procesos de transferencia de energía (ATP/ADP), síntesis de ácidos nucleicos y en el desarrollo del sistema radicular. Su deficiencia produce coloración rojiza-purpúrea en hojas y tallos.
- El Calcio interviene en la formación de la pared celular y en la estabilidad de las membranas. El Magnesio es el átomo central de la molécula de clorofila y activador de numerosas enzimas. El Azufre forma parte de los aminoácidos cisteína y metionina, y de enzimas esenciales.

Macronutrientes secundarios: Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S). Son necesarios en cantidades apreciables, aunque generalmente en menor proporción que los primarios.

2.9.2 Micronutrientes Esenciales

Magallares (2025) señala que los micronutrientes, también conocidos como elementos menores o elementos traza, son indispensables para el metabolismo de las plantas, aun cuando se requieren en cantidades reducidas. Entre los micronutrientes esenciales se encuentran el hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno, cloro y níquel. Asimismo, destaca que la deficiencia de cualquiera de estos elementos puede provocar alteraciones fisiológicas

importantes, debido a que participan en procesos fundamentales como la fotosíntesis, la síntesis de hormonas, la formación de la pared celular y la asimilación del nitrógeno.

Esta autora describe que, a pesar de su baja concentración requerida, la ausencia de cualquiera de estos elementos provoca alteraciones metabólicas severas. El Hierro, por ejemplo, es indispensable para la síntesis de clorofila y la cadena de transporte de electrones en la fotosíntesis y la respiración. El Zinc actúa como cofactor de más de 300 enzimas y participa en la síntesis del triptófano, precursor del ácido indolacético (AIA), la auxina más importante en la regulación del crecimiento vegetal.

También señala que el Boro es esencial para la formación de la pared celular, la elongación del tubo polínico y el transporte de azúcares. El Molibdeno es componente del nitrato reductasa, enzima clave en la asimilación del nitrógeno. La disponibilidad de los micronutrientes en el suelo está estrechamente relacionada con el pH, por lo que su manejo debe considerar las condiciones edáficas específicas del cultivo.

2.9.3 Función del Potasio en las Plantas

El potasio (K) es el catión más abundante en el citoplasma vegetal y cumple funciones fisiológicas de enorme relevancia. A diferencia del nitrógeno y el fósforo, el potasio no forma parte de compuestos orgánicos estructurales, sino que actúa principalmente como ion regulador y activador enzimático.

Sus funciones según Mayen et al (2025) incluyen:

- Regulación de la apertura y cierre de las estomas mediante el movimiento osmótico de las células guarda, lo que controla directamente la transpiración y el intercambio gaseoso.
- Activación de más de 60 enzimas implicadas en el metabolismo del carbono y del nitrógeno, incluyendo la sintasa del almidón, el piruvato quinasa y la ATPasa de membrana.

- Mantenimiento del potencial osmótico celular, lo que es crítico para la turgencia, el crecimiento celular por elongación y la resistencia a la sequía.
- Translocación de fotoasimilados (azúcares) desde los órganos fotosintéticos hacia los órganos de reserva o crecimiento a través del floema.
- Síntesis de proteínas y almidón: el K^+ neutraliza las cargas negativas del ARN de transferencia (ARNt) facilitando su unión al ribosoma.
- Mejora la resistencia a enfermedades fúngicas y bacterianas al fortalecer la pared celular y estimular la síntesis de compuestos defensivos.

El potasio es absorbido por las raíces principalmente en forma de ion K^+ mediante transportadores de alta y baja afinidad. Su movilidad en el floema permite su redistribución desde hojas viejas hacia tejidos jóvenes en condiciones de deficiencia, característica que le confiere una alta movilidad dentro de la planta (Mayen et al, 2025).

2.9.4 Deficiencia y Toxicidad de Potasio

Deficiencia de Potasio

La deficiencia de potasio es una de las más frecuentes en cultivos agrícolas, especialmente en suelos arenosos o con alto contenido de sodio o magnesio que compiten por los sitios de absorción. Sus síntomas característicos son:

- Necrosis marginal de hojas (quema de orillas) que comienza en las hojas más viejas, ya que el K es móvil en el floema y se redistribuye hacia tejidos más jóvenes.
- Reducción en el tamaño de frutos y semillas.
- Tallos débiles y mayor susceptibilidad al acame.
- Reducción en la síntesis de almidón y proteínas.
- Mayor susceptibilidad a enfermedades y estrés hídrico.
- Disminución en la calidad postcosecha, incluyendo menor vida de anaquel (Tamayo et al, 2022).

Toxicidad de Potasio

La toxicidad por exceso de potasio es menos común que la deficiencia, pero puede ocurrir cuando se aplican dosis muy elevadas de fertilizantes potásicos. El exceso de K^+ puede inhibir la absorción de otros cationes como el calcio, el magnesio y el manganeso, induciendo deficiencias secundarias. En casos extremos puede provocar desequilibrios osmóticos y daño a membranas celulares. El manejo correcto de las dosis de fertilización, guiado por análisis de suelo y tejido vegetal, es la mejor estrategia para evitar tanto deficiencias como excesos (Rivas et al, 2023).

2.10 Bioestimulantes y Fertilización Foliar

2.10.1 Concepto de Bioestimulantes

Según Antón (2023), el bioestimulante vegetal es un producto que estimula los procesos de nutrición de las plantas con independencia del contenido de nutrientes del producto, con el único fin de mejorar una o varias de las siguientes características de la planta o de la rizosfera de la planta.

Según Henderson *et, al* 2025, explica además que e diferencia de los fertilizantes convencionales, los bioestimulantes no aportan necesariamente nutrientes en cantidades significativas, sino que modulan la fisiología vegetal para potenciar el uso de los nutrientes disponibles y fortalecer la respuesta de la planta ante condiciones de estrés. Su acción es, por tanto, complementaria a la fertilización tradicional.

2.10.2 Tipos de Bioestimulantes Agrícolas

Peñas (2025) explica que la clasificación de los bioestimulante más aceptada distingue las siguientes categorías:

a) Ácidos húmicos y fúlvicos: Sustancias orgánicas de alto peso molecular resultantes de la humificación de la materia orgánica. Mejoran la estructura del suelo, la CIC y la disponibilidad de nutrientes.

- b) Extractos de algas marinas: Contienen citoquininas, auxinas, betaínas, manitol, alginatos y otros compuestos bioactivos que estimulan el crecimiento, la división celular y la tolerancia al estrés.
- c) Hidrolizados proteicos y aminoácidos: Mezclas de péptidos y aminoácidos libres obtenidos por hidrólisis química o enzimática de proteínas animales o vegetales. Actúan como precursores metabólicos, quelantes naturales de micronutrientes y estimuladores del metabolismo nitrogenado.
- d) Microorganismos benéficos: Bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) como *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Bacillus*, y hongos micorrízicos arbusculares que mejoran la nutrición, la resistencia a patógenos y la tolerancia al estrés hídrico.
- e) Quitosano y otros biopolímeros: Polisacáridos derivados de la quitina que estimulan los mecanismos de defensa de la planta y mejoran la germinación y el enraizamiento.
- f) Compuestos inorgánicos: Silicio, selenio y otros elementos con efectos bioestimulantes comprobados, aunque su clasificación sigue siendo objeto de debate científico.

2.10.3 Aminoácidos en la Nutrición Vegetal

Los aminoácidos son las unidades estructurales de las proteínas y desempeñan un papel central en prácticamente todos los procesos metabólicos de las plantas. Su aplicación exógena, ya sea vía foliar o al suelo, Tang (2025) ha demostrado efectos positivos en la nutrición, el crecimiento y la resistencia al estrés en diversas especies cultivadas.

Desde el punto de vista de la nutrición vegetal, los aminoácidos exógenos pueden ser absorbidos directamente a través de las membranas celulares mediante sistemas de transporte específicos. Una vez en el interior de la célula, pueden ser incorporados directamente a la síntesis de proteínas o utilizados como esqueletos de carbono para la síntesis de otros compuestos orgánicos (Martínez et al, 2022).

Además de su función como bloques constructores de proteínas, los aminoácidos participan en la regulación de la absorción de micronutrientes al actuar como quelantes orgánicos naturales que forman complejos estables con cationes metálicos, lo cual aumenta su disponibilidad y transporte en la planta. La aplicación de aminoácidos también se ha vinculado con la estimulación de la síntesis de clorofila, la activación del metabolismo del carbono y el nitrógeno, y la inducción de resistencia sistémica ante patógenos (López, 2014).

2.10.4 Fertilizantes Foliares

Laboratorios A-L de México (s.f.) señala que la fertilización foliar, hace referencia a la nutrición de los cultivos a través de las hojas. Esta forma de aplicación de los nutrientes se utiliza como un complemento a la fertilización al suelo. Bajo este sistema de nutrición la hoja juega un papel importante en el aprovechamiento de los nutrientes.

Consiste en aplicar el fertilizante en forma de aspersion a las hojas de la planta. La gran ventaja de esta forma de fertilización está en el tiempo que se demoran los nutrientes en estar disponibles para la planta, ya que al entrar el producto en contacto con las hojas se absorbe de forma inmediata y los resultados pueden observarse en menos tiempo.

2.10.5 Beneficios de los aminoácidos en los cultivos hortícolas

2.11 Aminofol Potasio

Fernández et al (2015), señala que el Aminofol Potasio es un fertilizante de formulación compleja que destaca por su elevado contenido de potasio, enriquecido con aminoácidos, ácido fúlvico, auxinas y citocininas. Su diseño permite suministrar el nutriente en forma de fulvato, para facilitar una rápida absorción principalmente por las hojas al igual por los demás órganos de la planta.

Además, participa en los mecanismos fisiológicos que favorecen la tolerancia de las plantas frente al ataque de plagas, enfermedades y condiciones ambientales adversas, como estrés hídrico o térmico Raza *et, al* 2025.

2.11.1 Descripción y Composición Química del Aminofol Potasio

El Aminofol Potasio según, Lilo *et, al* 2025 menciona que es un bioestimulante foliar de última generación que combina aminoácidos libres de origen vegetal con potasio en una formulación soluble de alta concentración.

Está diseñado para cubrir las necesidades nutricionales y metabólicas de los cultivos en etapas críticas de su desarrollo, especialmente durante la formación y llenado de frutos (Velásquez, 2024).

Su composición general incluye según Condori (2024):

- Aminoácidos libres totales: obtenidos mediante hidrólisis enzimática de proteínas vegetales, lo que garantiza aminoácidos en conformación L (biológicamente activos). El perfil aminoacídico incluye glicina, prolina, ácido glutámico, ácido aspártico, treonina, serina, metionina, cisteína, fenilalanina, triptófano, lisina, arginina e histidina, entre otros.
- Potasio (K_2O): en forma soluble, generalmente como potasio líquido o potasio quelado, en concentraciones que permiten una absorción foliar eficiente.
- Péptidos de bajo peso molecular: que actúan como señales moleculares y precursores de compuestos bioactivos.
- Coadyuvantes y penetrantes: que facilitan la absorción cuticular y la distribución uniforme del producto en la superficie foliar.

La sinergia entre los aminoácidos y el potasio en una misma formulación potencia los efectos de ambos componentes: los aminoácidos quelados al K^+ facilitan su transporte a través de la cutícula foliar y su distribución hacia los tejidos de mayor demanda metabólica.

2.11.2 Modo de Acción del Aminofol Potasio

El modo de acción del Aminofol Potasio según Sánchez et al (2026), es multifactorial e involucra mecanismos de acción directa e indirecta sobre el metabolismo vegetal.

La acción fisiológica de los productos formulados con aminoácidos y potasio comienza con su absorción a través de la superficie foliar. Los aminoácidos libres y los iones de potasio pueden ingresar a la planta mediante las estomas y la cutícula, favorecidos por sus características químicas y su reducido tamaño molecular. Una vez incorporados a los tejidos vegetales, los aminoácidos pueden participar directamente en diferentes procesos metabólicos, lo que representa una ventaja para la planta al disminuir la energía requerida para la síntesis de compuestos nitrogenados a partir de fuentes inorgánicas.

Por otra parte, el potasio desempeña un papel fundamental en la regulación de la apertura y cierre de las estomas, proceso que influye directamente sobre el intercambio gaseoso, la transpiración y la eficiencia fotosintética. Asimismo, los aminoácidos pueden actuar como agentes quelantes naturales, favoreciendo el transporte y la disponibilidad de micronutrientes en los sitios donde existe una mayor demanda metabólica.

Adicionalmente, diversos aminoácidos participan en mecanismos relacionados con la adaptación de las plantas a condiciones de estrés. Compuestos como la prolina contribuyen al mantenimiento del equilibrio osmótico celular frente a situaciones de déficit hídrico o salinidad, mientras que otras moléculas, como el ácido γ -aminobutírico (GABA) y el ácido glutámico, intervienen en procesos de señalización que ayudan a regular la respuesta fisiológica ante el estrés oxidativo y otros factores ambientales adversos.

2.11.3 Funciones Fisiológicas de los Aminoácidos

Los aminoácidos presentes en el Aminofol Potasio desempeñan funciones fisiológicas específicas que contribuyen de manera integral al desarrollo vegetal. Según Márquez (2024), entre estos se encuentran:

- Glicina y Glutamato: Precursores de la síntesis de clorofila a través de la vía del ácido 5-aminolevulínico (ALA). Su aplicación exógena incrementa el contenido de clorofila y, consecuentemente, la eficiencia fotosintética.
- Prolina: Osmolito compatible acumulado en respuesta al estrés hídrico y salino. Estabiliza proteínas y membranas bajo condiciones de deshidratación. También actúa como fuente de nitrógeno y carbono durante la recuperación post-estrés.
- Triptófano: Precursor directo del ácido indolacético (AIA), la auxina más importante en la regulación del crecimiento vegetal, la formación de raíces y la dominancia apical.
- Metionina: Precursor de la S-adenosilmetionina (SAM), donador universal de grupos metilo en reacciones de metilación del ADN, ARN y proteínas. También es precursor del etileno, hormona vegetal involucrada en la maduración de frutos.
- Ácido aspártico y Asparagina: Formas de transporte de nitrógeno orgánico en el xilema y el floema. Participan en la transaminación y en el ciclo del ácido tricarboxílico (ciclo de Krebs).
- Arginina: Precursor del óxido nítrico (NO), importante molécula señalizadora en respuestas de defensa y desarrollo. También aporta una alta relación N:C, siendo eficiente como fuente de nitrógeno de reserva.

2.11.4 Funciones Fisiológicas del Potasio

Según Gómez y Salas (2024), el componente potásico del Aminofol Potasio aporta las siguientes funciones fisiológicas:

- Regulación hídrica: el K^+ es el principal soluto involucrado en los movimientos osmóticos que controlan la turgencia celular, la apertura estomática y la eficiencia en el uso del agua.

- Activación enzimática: activa más de 60 enzimas implicadas en la síntesis de carbohidratos, la fosforilación oxidativa y la síntesis de proteínas.
- Transporte de fotoasimilados: el K^+ es esencial para la carga del floema y el movimiento de sacarosa desde los órganos fuente (hojas) hacia los órganos destino (frutos, raíces).
- Síntesis de almidón y azúcares: activa la ADP-glucosa pirofosforilasa y el almidón sintasa, enzimas clave en la síntesis de almidón en cloroplastos y amiloplastos.
- Resistencia mecánica: incrementa el grosor de la pared celular y reduce la succulencia, dificultando la penetración de hongos y bacterias fitopatógenas.
- Calidad de frutos: incrementa el contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), la firmeza y el color de los frutos, mejorando su valor comercial.

2.11.5 Efectos sobre el Crecimiento y Desarrollo Vegetal

Efectos en el Crecimiento Vegetativo

Durante la fase vegetativa, el Aminofol Potasio estimula la división y elongación celular gracias al aporte de precursores hormonales y al incremento en la disponibilidad de nitrógeno orgánico directamente asimilable. Se ha observado mayor área foliar, incremento en el índice de área foliar (IAF) y mayor contenido de clorofila en plantas tratadas con hidrolizados de aminoácidos combinados con potasio, lo que se traduce en mayor capacidad fotosintética (Velásquez, 2023).

Efectos en la Floración y Cuajado de Frutos

La aplicación de aminoácidos durante la floración reduce la caída de flores al disminuir el estrés post-polinización y mejorar la disponibilidad de nutrientes en el tejido reproductivo. El potasio favorece la elongación del tubo polínico y la fertilización. La combinación de ambos componentes incrementa el porcentaje de

cuajado de frutos y reduce el aborto de embriones, lo que se traduce en mayor número de frutos por planta (Velásquez, 2023).

Efectos en el Llenado y Calidad de Frutos

Durante el llenado de frutos, el potasio activa la síntesis de azúcares y la translocación de fotoasimilados hacia el fruto, incrementando el peso, el contenido de sólidos solubles (°Brix), la firmeza y la coloración. Los aminoácidos, por su parte, aportan el nitrógeno orgánico necesario para la síntesis de proteínas de reserva y compuestos aromáticos que determinan las características organolépticas del fruto. (Velásquez, 2023).

2.11.6 Uso de Aminofol Potasio en Cultivos Hortícolas

Los cultivos hortícolas, según Gruda *et al.*, 2025, representan el sector productivo donde los bioestimulantes basados en aminoácidos con potasio han demostrado mayor respuesta, debido a la alta exigencia nutricional, los cortos ciclos de producción y la elevada demanda de calidad en fresco.

El Aminofol Potasio representa una herramienta biotecnológica de alto valor agronómico que, integrada en programas de fertilización convencional, permite optimizar el rendimiento y la calidad de los cultivos hortícolas, mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes y reducir el impacto ambiental de la producción agrícola intensiva. Su aplicación regular y oportuna, en las etapas fenológicas adecuadas, constituye una inversión de alta rentabilidad para el productor hortícola moderno (Fretel, 2024).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del Experimento

El experimento se llevó a cabo bajo invernadero, en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico, con las coordenadas geográficas 25° 21' 10" latitud norte y 101° 01' 52" longitud oeste.

3.2. Material Vegetal Utilizado

Se utilizó semilla de pepino Paraíso F1, que es un híbrido de tipo americano/Slicer ideal para cultivo en invernadero. Es muy apreciado por su alta productividad y excelente adaptación a diferentes temperaturas, es cilíndrico,

color verde muy oscuro y brillante, con una longitud de 19 a 24 cm y piel con presencia de ligeros pinchos. Cuenta con una excelente vida de anaquel.

3.3. Establecimiento del Cultivo

3.3.1. Preparación del suelo

La preparación del suelo se llevó a cabo previo al establecimiento del cultivo, con la finalidad de crear condiciones físicas, químicas y biológicas adecuadas para el desarrollo óptimo del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.). Las actividades realizadas se describen a continuación.

Se realizó una limpieza del área de cultivo, eliminando residuos vegetales de ciclos anteriores, malezas y cualquier material extraño presente en las camas de cultivo dentro del invernadero, esto con el propósito de reducir la presencia de inóculo de patógenos y fuentes de infestación de plagas que pudieran afectar el nuevo ciclo productivo. Posteriormente se llevó a cabo un subsoleo o aflojamiento del suelo mediante el uso de herramienta manual (pala y azadón), a una profundidad aproximada de 25 a 30 cm, con el objetivo de romper capas compactadas, mejorar la aireación, favorecer la infiltración del agua de riego y facilitar la exploración radicular de las plantas. Esta práctica es fundamental en cultivos de pepino, dado que el sistema radicular requiere de un suelo con buena estructura y aireación para su correcto funcionamiento.

Una vez realizado el aflojamiento del suelo, se procedió al surcado, conformando cuatro surcos dentro del área experimental, cada uno con 60 cavidades de siembra, para un total de 240 cavidades. La distancia entre plantas fue de 30 cm, conforme a las especificaciones técnicas de la variedad Paraíso F1. Los surcos se nivelaron manualmente para garantizar una distribución uniforme del agua de riego y evitar encharcamientos que pudieran favorecer enfermedades radiculares.

Finalmente, previo a la siembra se realizó un riego de presiembra con la finalidad de uniformizar la humedad del suelo en las camas de cultivo y garantizar las condiciones de temperatura y humedad adecuadas para favorecer la germinación de las semillas.

3.3.2. Siembra

La siembra se realizó el día 17 de agosto del 2025, en la tarde noche cuando la temperatura del invernadero haya bajado. Se utilizó semilla de la variedad híbrida Paraiso F1. El proceso se llevó a cabo mediante siembra directa, colocando 1 semillas por cavidad a una profundidad de entre 2 y 3 cm. La distancia entre planta 30 cm para proporcionar un adecuado espacio para el desarrollo y crecimiento de la planta.

Posteriormente después de la siembra, se aplicó el riego por 15 minutos, el riego fue de manera diaria realizándose por la mañana y por la noche, con la finalidad de mantener una adecuada humedad en el suelo y favorecer la germinación de las semillas.

La germinación de la semilla se obtuvo cuatro días después de la siembra, lo que indicó un establecimiento adecuado.

Donde se estableció el experimento estuvo conformado por cuatro surcos, cada uno con 60 cavidades, dando un total de 240 cavidades en total.

3.3.3. Tutorado

Esta labor se realizó el día 7 de septiembre del 2025, utilizando ganchos de tutorado con caída, rafia tomatera de polipropileno con protección UV (2kg, 3000m) y anillos de tutorado. Los ganchos fueron desinfectados ya que serían reutilizados, un día antes se realizó la actividad de la desinfección del material, esto con el fin de prevenir la propagación de enfermedades y adecuar el manejo sanitario dentro del cultivo.

El entutorado se llevó a cabo por la mañana y nuevamente por el atardecer, aprovechando las horas de menor temperatura dentro del invernadero para que

las plantas tuvieran una mayor flexibilidad durante su manipulación. Esto permitió reducir algún riesgo de daño mecánico en tallos y hojas durante la instalación del sistema de soporte.

Por cada planta se colocaron aproximadamente 4 metros de rafia, la cual se fijó a ganchos de tutoreo y sirvió como soporte para guiar el crecimiento vertical de las plantas, los anillos de tutoreo se pusieron para sujetar el tallo principal de manera segura.

3.3.4. Manejo Nutricional

El manejo nutricional del cultivo de pepino se basó en la aplicación de una solución nutritiva suministrada a través del sistema de riego por goteo, el cual se aplicó cada tercer día con una duración aproximada de una hora por evento de riego.

La solución nutritiva fue preparada y ajustada conforme a los requerimientos nutricionales del cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero, aportando macro y micronutrientes esenciales para el desarrollo vegetativo, floración y fructificación de las plantas.

De manera complementaria y como parte de los tratamientos evaluados en el experimento, se realizaron aplicaciones foliares de Aminofol Potasio en diferentes dosis (4, 6 y 8 mL/L), cada lunes por semana se hacía la aplicación con excepción del tratamiento testigo. El Aminofol Potasio es un bioestimulante a base de aminoácidos libres y potasio asimilable, cuya función es mejorar la eficiencia en la absorción de nutrimentos, estimular los procesos metabólicos de la planta, favorecer el cuajado de frutos y contribuir al incremento en la calidad y el rendimiento del cultivo.

Las aplicaciones foliares se realizaron con bombas aspersoras manuales de 7 L de capacidad, cubriendo de manera uniforme el follaje de las plantas correspondientes a cada tratamiento, evitando el traslape de aplicaciones entre

tratamientos para mantener la integridad del diseño experimental. Las aplicaciones se efectuaron en horas de menor temperatura dentro del invernadero, preferentemente en la mañana o al atardecer, con la finalidad de reducir la evaporación de la solución aplicada y favorecer una mayor absorción foliar del producto.

La fertilización se empleó con la nutrición siguiente: Fertilizante Sulfato de potasio con un PE de 87.1, Meg/L 2.59 y g/L 0.22559, Ácido nítrico con un PE 63 Meg/L 1.88, g/L 0.12818. Ácido fosfórico con un PE de 98 Meg/L 1.91 y g/L 0.13108, Ácido Sulfúrico con un PE de 49, Meg/L de 1.21 y g/L 0.03288 y Ultrasol micros con un g/L 0.05.

3.3.5. Manejo Sanitario

Previo al establecimiento del cultivo, se realizó una aplicación de jabón potásico sobre los surcos con el propósito de prevenir la infestación de mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*). Posteriormente, una vez que las plantas alcanzaron un mayor desarrollo vegetativo, se efectuó una aplicación de Lannate® para el control de esta misma plaga.

Durante el ciclo del cultivo se monitoreó constantemente la presencia de enfermedades y plagas. Cuando se detectaron síntomas de cenicilla, causados por *Leveillula taurica*, se realizaron aplicaciones de Bluetrack® como medida de manejo fitosanitario. Asimismo, para el control de la arañita roja (*Tetranychus urticae*), se aplicó abamectina de acuerdo con las recomendaciones técnicas para el cultivo.

3.3.6. Frecuencia de Riego

El riego va conjunto con la solución nutritiva, se llevó a cabo cada tercer día con un tiempo estimado de una hora. El gasto obtenido por cada gotero fue de alrededor de 15 ml por minuto. Por cada hora se gastó 900 ml que es equivalente a 0.9 L.

3.4. Tratamientos Evaluados

Con el propósito de evaluar el efecto de Aminofol Potasio sobre la respuesta fenológica y el rendimiento del cultivo de pepino tipo americano (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero, se establecieron cuatro tratamientos experimentales. Los tratamientos consistieron en diferentes dosis de aplicación foliar de Aminofol Potasio, incluyendo un tratamiento testigo sin aplicación del producto y tres niveles de concentración. La aplicación de los tratamientos se realizó mediante aspersión foliar, utilizando bombas manuales con capacidad de 7 L, procurando una cobertura uniforme sobre el follaje de las plantas. La evaluación de diferentes dosis permitió determinar la respuesta del cultivo a la aplicación del producto y establecer la concentración más adecuada para favorecer el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas bajo las condiciones de estudio. La descripción detallada de los tratamientos evaluados se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2: Descripción de los tratamientos evaluados con Aminofol Potasio en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero.

Tratamiento	Aminofol Potasio (mL L ⁻¹)	Vía de aplicación	Descripción
T1	0	Sin aplicación	Testigo sin aplicación de Aminofol Potasio. Las plantas recibieron únicamente el programa de riego y solución nutritiva establecido durante todo el ciclo del cultivo.
T2	4	Foliar	Aplicación foliar de Aminofol Potasio a una dosis de 4 mL L ⁻¹ de agua. La solución se preparó en dos bombas aspersoras de 7 L de capacidad, agregando 28 mL del producto en cada una.
T3	6	Foliar	Aplicación foliar de Aminofol Potasio a una dosis de 6 mL L ⁻¹ de agua. Se utilizaron dos bombas aspersoras de 7

			L, incorporando 42 mL del producto en cada bomba.
T4	8	Foliar	Aplicación foliar de Aminofol Potasio a una dosis de 8 mL L ⁻¹ de agua. La solución se preparó en dos bombas aspersoras de 7 L, adicionando 56 mL del producto en cada una.

3.5. Variables Evaluadas

3.5.1. Peso Promedio del Fruto (PPF)

Las cosechas se realizaron tres veces por semana durante el periodo de producción del cultivo. En cada fecha de cosecha se recolectaron y pesaron los frutos obtenidos de cada tratamiento. Para ello, se seleccionaron seis plantas por tratamiento, las cuales se utilizaron para ser las evaluaciones de la producción. Para sacar el peso de los frutos se utilizó una balanza y los datos obtenidos se capturaron en gramos (g) en una hoja de cálculo de Excel, donde se llevó el control del peso de los frutos y de la semana correspondiente de cada cosecha para posteriormente sacar el peso promedio total de cada tratamiento.

3.5.2. Longitud del Fruto (LF)

La LF se evaluó en las mismas semanas y fechas establecidas para las cosechas, las cuales se realizaron tres veces por semana. Después de registrar el peso de los frutos cosechados, se procedió a medir su longitud utilizando una cinta métrica. La medición se tomó desde el extremo apical hasta el extremo basal de cada fruto, registrando la longitud total en centímetros (cm). Los datos obtenidos se capturaron en la misma hoja de cálculo de Excel, junto con los registros de pesos correspondientes de cada fruto, con el fin de mantener un control ordenado de las variables evaluadas para que después del término del experimento se saque el promedio total de cada tratamiento.

3.5.3. Diámetro Ecuatorial del Fruto (DE)

Para sacar el DE del fruto se evaluó únicamente una vez en la cosecha número 12, debido a que en esta etapa los frutos presentaban mayor uniformidad en

cuanto a peso y longitud. La medición se llevó a cabo utilizando un vernier digital LCD (pie de rey), colocando el instrumento en la parte central del fruto para determinar su diámetro ecuatorial, el cual se registró en milímetros (mm).

Para esto se llevó a cabo en los 4 tratamientos establecidos, cada uno con cuatro repeticiones. En cada repetición se contaba con 6 plantas seleccionadas para tomar los datos; sin embargo, para la determinación del diámetro ecuatorial se seleccionó un fruto por repetición. De esta manera, se evaluaron cuatro frutos por tratamiento, para un total de 16 frutos evaluados.

3.5.4. Firmeza del Fruto (FIR)

La FIR del fruto se evaluó en la cosecha 12 utilizando los mismos frutos seleccionados para determinar el diámetro ecuatorial. Para esta variable se empleó un penetrómetro portátil McCormick Fruit Tester FT 327, con el cual se determinó la resistencia de la pulpa del fruto a la penetración.

La medición se realizó en la parte media de cada pepino, aplicando una presión constante hasta lograr la penetración del instrumento y obtener la lectura correspondiente a la firmeza, los valores se registraron en kilogramos (kg). Se realizaron dos mediciones en el mismo fruto y por fruto, registrándose ambos valores en el registro de Excel.

3.5.5 Peso promedio por corte (PPC)

El PPC fue determinado mediante el pesaje de los frutos cosechados en cada fecha de corte y el cálculo de la media correspondiente. Esta variable permitió evaluar el efecto de los tratamientos sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de pepino, esta variable se determinó en Kg.

3.5.5. Solidos Solubles Totales (SST)

Para esto se determinaron los mismos frutos seleccionados para la evaluación de las variables de diámetro ecuatorial y firmeza en la cosecha número 12. Para esta medición se empleó un Refractómetro portátil Viand.

Cada fruto fue cortado por la mitad utilizando un cuchillo previamente esterilizado. Posteriormente, se extrajo una pequeña cantidad de jugo de pulpa del pepino mediante presión manual y se colocaron gotas sobre el prisma del refractómetro. La lectura de los sólidos solubles totales se realizó directamente en el instrumentó, expresándose los resultados en Grados Brix. (°Brix). Para facilitar la observación de la escala de lectura, las mediciones se efectuaron bajo condiciones adecuadas de iluminación. Después de cada medición, el prisma del refractómetro se limpió cuidadosamente con agua destilada y se secó con un paño limpio, con el fin de evitar la contaminación entre muestras y garantizar la precisión de las lecturas.

3.5.6. Vitamina C (VC)

La determinación de VC se realizó utilizando los frutos de la cosecha número 10. Para el análisis, se tomaron 10 g de peso fresco del fruto, incluyendo la cascara. Los frutos se cortaron en fragmentos pequeños para facilitar su trituration y posteriormente se colocaron en un mortero.

La muestra se trituro con 10 mL de ácido clorhídrico al 2% (v/v) y la mezcla obtenida se homogeneizo con 40 mL de agua destilada. Posteriormente, el extracto se filtró a través de una gasa y lo filtrado se colecto en un matraz Erlenmeyer.

A continuación, se tomaron 10 mL del sobrenadante y se titularon con una solución de 2,6-diclorofenolindofenol (1×10^{-3} N) hasta alcanzar una coloración rosa persistente, la cual se consideró como el punto final de la titulación.

El contenido de VC se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Vitamina C (mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ PF)} = (\text{mL de 2,6-diclorofenolindofenol utilizados} \times 0.088 \times \text{volumen total} \times 100) / (\text{volumen de la alícuota} \times \text{peso de la muestra})$$

Donde:

- mL de 2,6-diclorofenolindofenol utilizados = volumen gastado durante la titulación.

- 0.088 = factor de conversión para ácido ascórbico.
- Volumen total = volumen final del extracto obtenido (mL).
- Volumen de la alícuota = volumen del extracto utilizado para la titulación (mL).
- Peso de la muestra = peso fresco de la muestra analizada (g).

$$\text{Vitamina C (mg } 100g^{-1} \text{ PF)} = \frac{(V \times 0.088 \times VT \times 100)}{(VA \times PM)}$$

Donde:

- V = mL de 2,6-diclorofenolindofenol utilizados.
- VT = volumen total del extracto (mL).
- VA = volumen de la alícuota (mL).
- PM = peso de la muestra (g).

3.5.7. Diseño Estadístico

El experimento se estableció bajo condiciones de invernadero utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA), conformado por cuatro tratamientos y cuatro bloques. Cada bloque correspondió a una cama de cultivo, dentro de la cual los tratamientos fueron distribuidos aleatoriamente para minimizar el efecto de la variabilidad ambiental.

La unidad experimental estuvo constituida por 16 plantas de pepino, de las cuales se seleccionaron seis plantas centrales como unidad de muestreo para la evaluación de las variables de estudio. El T1 correspondió al testigo sin aplicación de Aminofol Potasio, mientras que los tratamientos T2, T3 y T4 consistieron en la aplicación de diferentes dosis del producto.

En total se evaluaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones, obteniéndose los datos correspondientes a las variables fenológicas, de crecimiento y rendimiento. La información generada fue sometida a un análisis de varianza (ANDEVA) de acuerdo con el diseño experimental utilizado. El procesamiento y análisis estadístico de los datos se efectuó utilizando el software Statistical Analysis System (SAS), versión 9.4. Cuando se detectaron diferencias

significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$), se realizó la comparación de medias mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Peso Promedio del Fruto (PPF)

El análisis de varianza para la variable peso promedio del fruto exhibió diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, indicando que las dosis de aminofol potasio aplicadas si influyeron de forma diferencial en el peso de fruto de pepino. El coeficiente de variación fue de 4.03%, lo que refleja una adecuada precisión experimental.

La prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha = 0.05$) mostró que el Tratamiento 4, tuvo el mayor peso promedio de fruto con 382.79 g, el cual supero significativamente a los tratamientos 1 y 2, lo cual demuestra que la aplicación de 8 ml/l de aminofol potasio indujo un mayor peso de fruto. Donde el tratamiento 4 indujo la producción de frutos 9.19% más pesados que el tratamiento testigo (Figura 1).

Estos resultados indican que la dosis más alta de Aminofol Potasio (8 mL/L) favoreció el incremento en el peso fresco del fruto. Este comportamiento puede explicarse por el papel del potasio en la regulación osmótica y el transporte de fotoasimilados hacia los frutos en desarrollo, así como por el efecto de los aminoácidos presentes en el producto sobre la síntesis proteica y el metabolismo celular (BioStar México, s.f.).

Estudios de Laboratorios A-L de México (2023) han obtenido resultados similares, demostrando que la fertilización foliar con potasio mejora el tamaño y peso del fruto al favorecer el llenado celular.

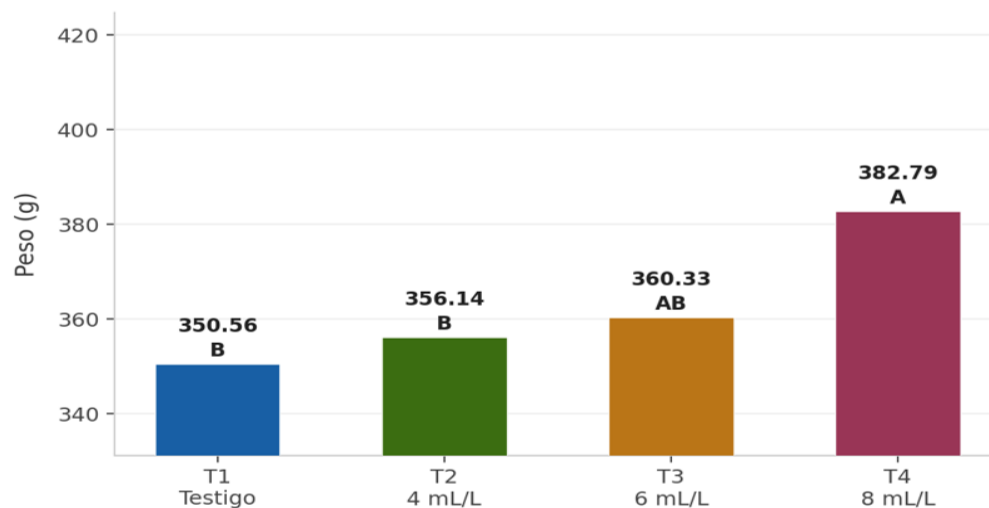


Figura 1. Peso promedio del fruto (PF) de pepino, en respuesta a la aplicación de aminofol potasio.

4.2 Longitud del Fruto (LF)

El análisis de varianza aplicado a la variable LF, exhibió diferencias significativas entre tratamientos, indicando que por lo menos un tratamiento de aminofol potasio indujo una respuesta diferente la longitud del fruto de pepino producido bajo condiciones de invernadero (Figura 2).

El bajo coeficiente de variación (0.82%), indica una alta confiabilidad en los datos obtenidos.

La prueba de comparación de medias (Duncan; $\alpha = 0.05$) muestra que el tratamiento 4 fue significativamente superior al resto de los tratamientos, estos últimos fueron significativamente iguales. Es importante señalar que todos los

tratamientos presentaron valores que se encuentran dentro del rango comercial para pepino tipo americano (18 a 24 cm), conforme a los estándares de clasificación Super Select reportados por USAID, (2005).

La mayor longitud observada en T4 podría asociarse al efecto combinado del potasio y las auxinas contenidas en la formulación de Aminofol Potasio, las cuales participan en la elongación celular del fruto (BioStar México, s.f.). Casilimas *et al.* (2012) señalan que la aplicación de productos foliares con potasio y reguladores de crecimiento influye positivamente sobre el desarrollo longitudinal del fruto en pepino bajo condiciones de cultivo protegido.

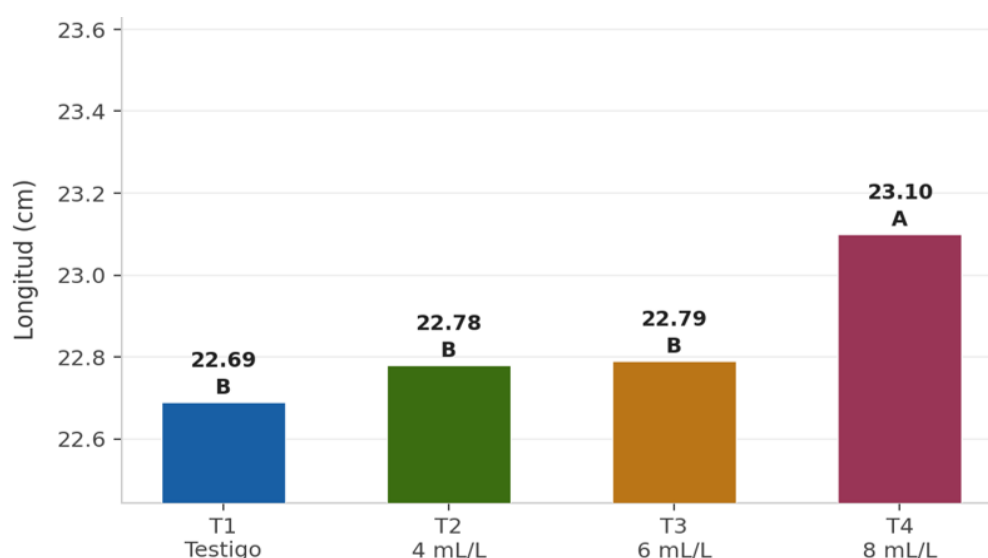


Figura 2. Longitud del fruto (LF) en respuesta a la aplicación de tratamientos de aminofol potasio al cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero.

4.3 Diámetro Ecuatorial del Fruto (DE)

El análisis de varianza aplicado a la variable DEF, no presento diferencias significativas ente tratamientos, indicando que las dosis de aminofol potasio no influyeron sobre el diámetro de frutos de pepino (Figura 3).

El coeficiente de variación fue de 3.93%, el cual se considera bajo y lo cual refleja la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Los tratamientos fueron significativamente iguales y registraron los siguientes valores, tratamiento 4 (50.75 mm), tratamiento 3 (49.25 mm), tratamiento 2 (49.25

mm) y tratamiento 1 (47.50 mm), todos estos valores se encuentran por debajo del límite máximo de 60 mm establecido para la categoría Super Select (USAID, 2005), lo que confirma que la producción cumple con los estándares comerciales de exportación.

La tendencia numérica de mayor diámetro en T4 puede relacionarse con el efecto del potasio sobre la turgencia celular y la acumulación de agua en los tejidos del fruto, favoreciendo su engrosamiento. Sin embargo, la alta variabilidad entre repeticiones ($R^2_{Aj} = 0.01$) indica que otros factores ambientales o de manejo dentro del invernadero pudieron enmascarar el efecto de los tratamientos para esta variable.

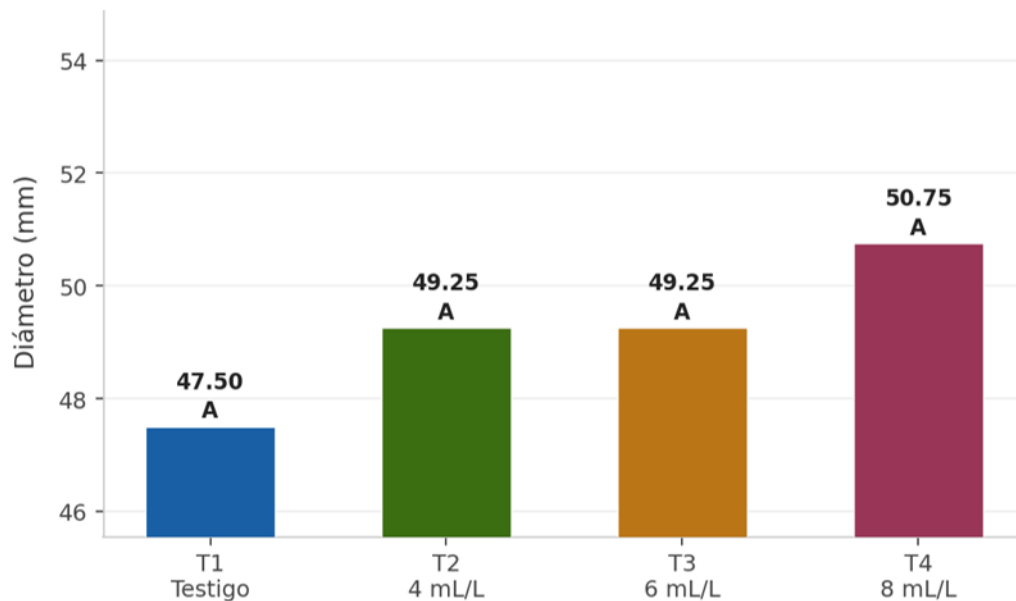


Figura 3. Diámetro ecuatorial de fruto (DEF) de pepino en respuesta a la aplicación de tratamientos de aminofol potasio al cultivo de pepino bajo condiciones de invernadero.

4.4 Firmeza del Fruto (FIR)

Los resultados del análisis de varianza para la firmeza del fruto, presentaron diferencias significativas entre tratamientos, indicando que esta variable fue afectada por las aplicaciones de diferentes niveles de aminofol potasio (Figura 4).

El coeficiente de variación fue de 15.61%, considerado moderadamente elevado para esta variable de pepino en condiciones de invernadero. La prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) evidenció que T2 (Aminofol Potasio 4 mL/L) presentó la mayor firmeza con 12.23 kg, siendo significativamente diferente a T3 (8.85 kg), el cual mostró la menor firmeza. T4 (11.30 kg) y T1 (10.28 kg) fueron significativamente iguales al T2. El testigo (T1) sin la aplicación de Aminofol fue significativamente igual a los tratamientos con la mayor firmeza, lo que sugiere que las plantas de este tratamiento sufrieron algún tipo de estrés que se reflejó en tamaños celulares más reducidos, lo cual coincide con el menor diámetro ecuatorial y menor longitud de fruto.

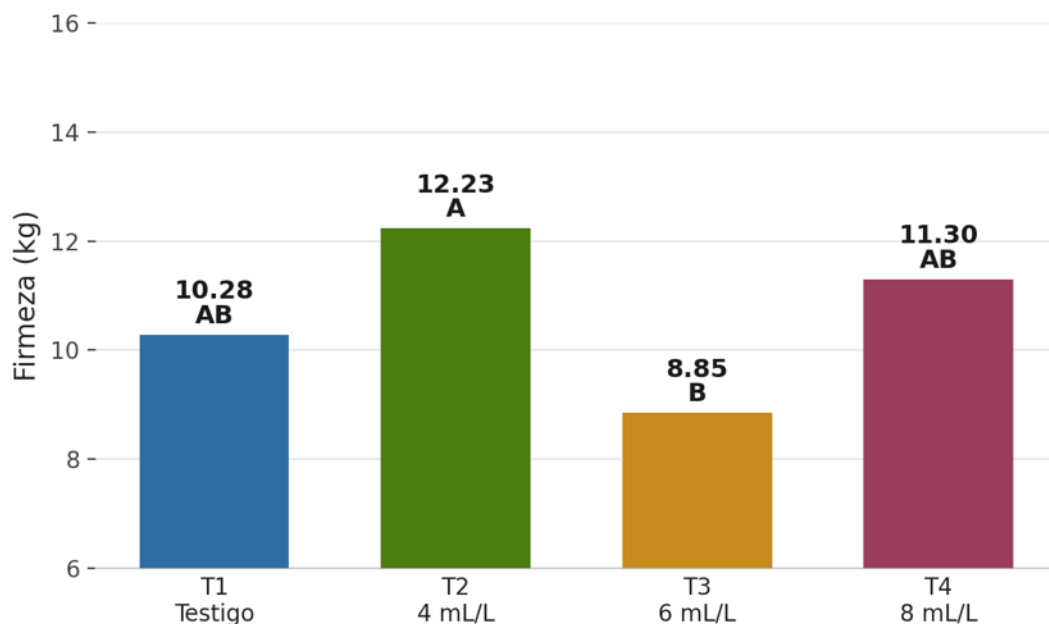


Figura 4. Firmeza de fruto (FIR) de pepino en respuesta a la aplicación de niveles de aminofol potasio.

La mayor firmeza observada en T2 podría relacionarse con un efecto dosis-umbral de los aminoácidos y el potasio sobre la integridad de la pared celular. Según Santacruz (2020), el potasio regula la presión osmótica intracelular y la estabilidad de la membrana, lo que influye directamente en la turgencia y firmeza del fruto. La menor firmeza de T3 respecto a T1 (testigo) puede indicar que la dosis de 6 mL/L podría haber alterado el equilibrio nutricional o inducido un efecto

hormonal distinto al esperado, lo que merece estudios adicionales, ya que contiene auxinas y citocininas que promueven la división y elongación celular, por lo tanto, menor firmeza de fruto.

4.5 Sólidos Solubles Totales (SST)

El análisis de varianza realizado a los datos de contenido de sólidos solubles totales, no presentó diferencias significativas entre tratamientos, por lo tanto, se puede inferir que la aplicación de aminofol potasio no influye significativamente en esta variable. El coeficiente de variación fue de 16.50%, es moderadamente alto probablemente es el reflejo de la forma como se cómo esta variable.

La prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha = 0.05$) mostró que todos los fueron significativamente iguales. Cabe señalar que el testigo (T1) presentó el valor más alto de SST, aunque sin diferencias estadísticas respecto a los tratamientos con Aminofol Potasio.

Los valores de SST registrados (2.05 a 2.55 °Brix) son propios de la naturaleza del pepino, que por su composición mayoritariamente acuosa (95 a 96%) presenta bajos contenidos de azúcares solubles (PROFECO, 2021). La ausencia de efecto significativo del Aminofol Potasio sobre esta variable es consistente con lo reportado en la literatura para pepino bajo condiciones de invernadero, donde los sólidos solubles totales responden principalmente al manejo hídrico y a la radiación solar más que a la nutrición foliar, por lo tanto, el testigo sin aplicación de aminofol, es el que tiene el mayor valor de Sólidos solubles totales, como se muestra en la Figura 5.

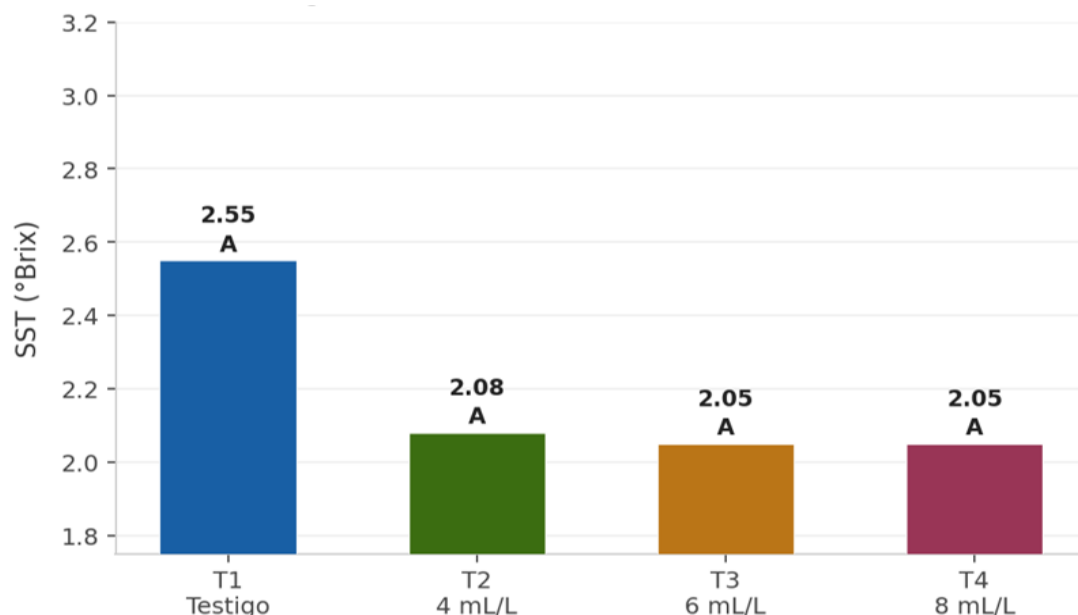


Figura 5. Sólidos solubles (SST) del fruto de pepino cultivado en invernadero, con aplicación de cuatro niveles de fertilización foliar.

4.6 Vitamina C (VC)

El análisis de varianza realizado a los datos de contenido de vitamina C, no exhibió diferencias significativas entre tratamientos, por lo tanto, se puede inferir que los niveles de aminofol potasio no influyeron de forma diferente al contenido de VC. Se ha encontrado que mientras más largo sea el camino para la determinación de una variable la posibilidad de errores es mayor por lo tanto la posibilidad de tener coeficientes de variación altos, es más frecuente como es el presente caso donde se encontró un valor de 20.15%, valor que refleja la variabilidad natural de este compuesto antioxidante entre frutos individuales.

La prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) reveló que todos los tratamientos pertenecen al mismo grupo estadístico (Figura 6). El tratamiento T2 presentó el mayor contenido de vitamina C, incluso superior al testigo (T1), lo que podría indicar un efecto positivo de la dosis baja del producto sobre la síntesis de ácido ascórbico (Figura 6).

Los valores de vitamina C obtenidos (54.54 a 66.78 mg 100 g⁻¹ PF) superan notablemente los 6 mg 100 g⁻¹ reportados por PROFECO (2021) para pepino

fresco, lo cual puede deberse a diferencias en la metodología de determinación (titulación vs. valores de referencia para producto comercial).

La variabilidad observada entre tratamientos sin significancia estadística podría atribuirse al alto coeficiente de variación (20.15%), que reduce la potencia de la prueba. Chen et al., (2011) señalan que el contenido de antioxidantes en el pepino es sensible a factores como la radiación solar, temperatura y estado nutricional de la planta, lo que explicaría la alta variación dentro de los tratamientos.

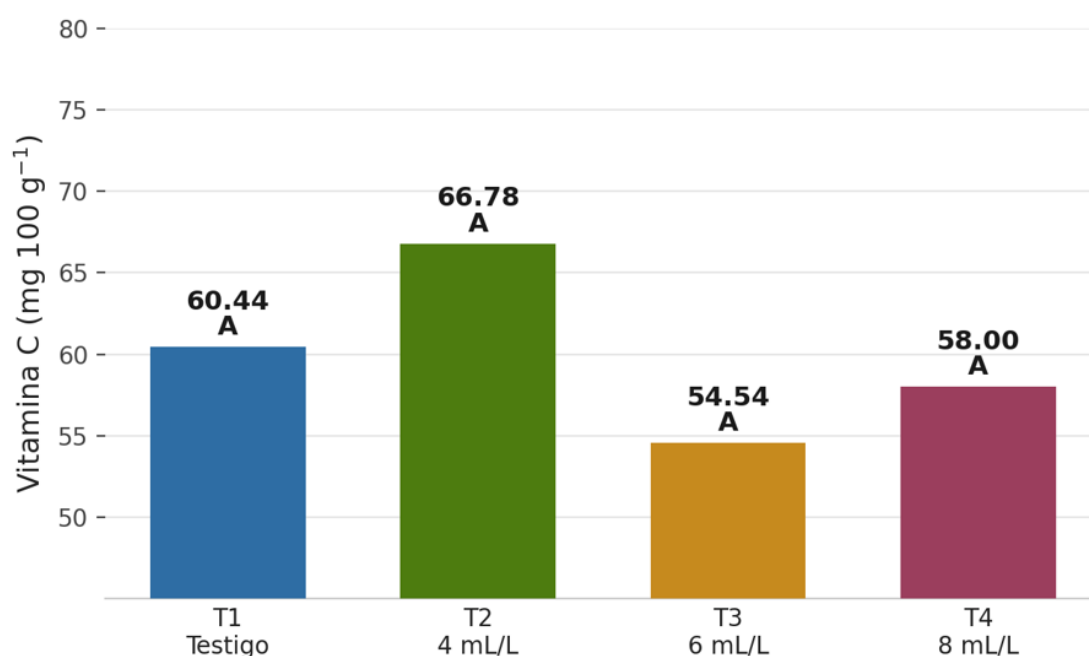


Figura 6. Contenido de VC en frutos de pepino producidos bajo condiciones de invernadero en Saltillo. Coahuila.

4.7 Peso promedio por corte (PPC)

La Figura 7 muestra el PPC obtenido en los diferentes tratamientos evaluados. Se observó que el tratamiento T2 presentó el mayor peso promedio por corte, con aproximadamente 368 kg, seguido por T4 y T3, con valores cercanos a 364 y 362 kg, respectivamente. Por otro lado, el tratamiento T1 registró el menor peso promedio por corte, con alrededor de 355 kg.

A pesar de las diferencias numéricas observadas entre tratamientos, todas las medias se encuentran acompañadas por la misma letra ("A"), lo que indica que no existieron diferencias estadísticas significativas entre ellos ($p \leq 0.05$). Sin embargo, se aprecia una tendencia favorable en los tratamientos que recibieron aplicaciones de Aminofol Potasio, especialmente en T2, el cual superó al tratamiento de menor rendimiento en aproximadamente 13 kg por corte.

Aunque el análisis estadístico no detectó diferencias significativas entre tratamientos, la tendencia observada sugiere que la aplicación foliar de Aminofol Potasio contribuyó a incrementar el peso promedio cosechado por corte. Este comportamiento puede estar asociado al efecto fisiológico del potasio y de los aminoácidos presentes en el producto. El potasio desempeña un papel fundamental en la regulación osmótica, la activación enzimática y el transporte de fotoasimilados desde las hojas hacia los frutos, favoreciendo su crecimiento y acumulación de biomasa. Asimismo, los aminoácidos pueden ser incorporados directamente al metabolismo vegetal, reduciendo el gasto energético de la planta y mejorando la eficiencia de los procesos fisiológicos (Sánchez et al., 2026).

El mayor peso promedio registrado en T2 sugiere que una dosis intermedia de Aminofol Potasio pudo haber favorecido una mejor relación entre absorción de nutrientes y desarrollo de los frutos. Estudios previos han reportado que la aplicación de bioestimulantes a base de aminoácidos y potasio incrementa la actividad fotosintética, mejora la translocación de carbohidratos y promueve una mayor acumulación de materia seca en frutos hortícolas (Velásquez, 2023; Fernández et al., 2015).

Por otra parte, la ausencia de diferencias estadísticas puede atribuirse a la variabilidad natural entre plantas, a las condiciones ambientales dentro del invernadero o a que el aporte nutricional basal suministrado mediante fertirriego cubrió adecuadamente los requerimientos del cultivo, reduciendo el efecto diferencial de las aplicaciones foliares. Sin embargo, desde un punto de vista

agronómico, el incremento observado en T2 respecto a T1 podría representar una ventaja productiva importante al extrapolarse a una superficie comercial.

En conjunto, los resultados indican que la aplicación de Aminofol Potasio mostró una tendencia positiva sobre el peso promedio por corte de pepino, destacando el tratamiento T2 como la alternativa con mejor desempeño productivo, aunque sin diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

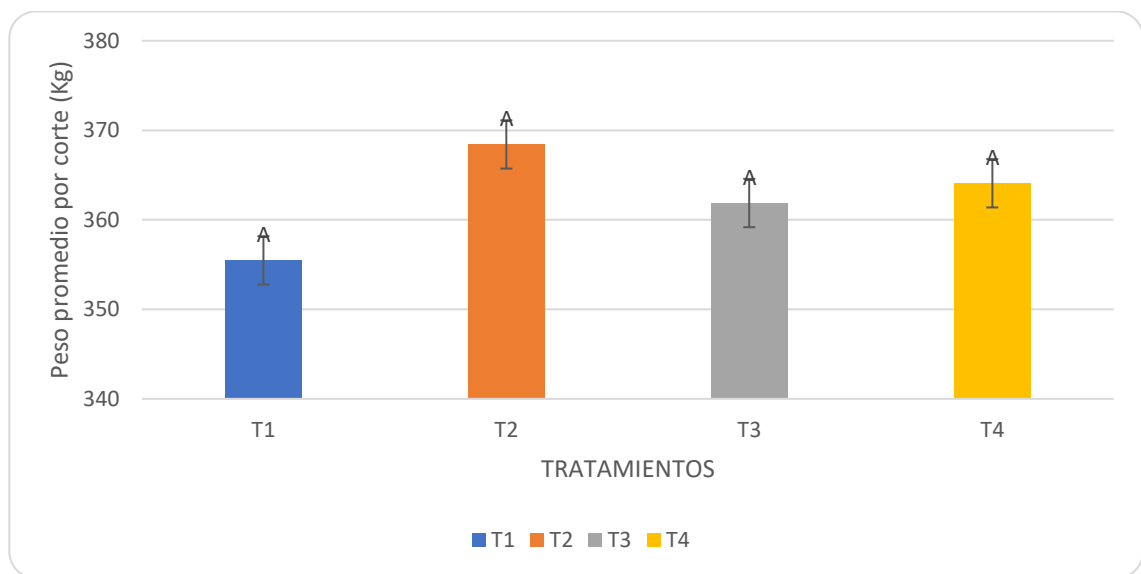


Figura 7. Peso promedio por corte (PPC) en el cultivo de pepino producidos bajo condiciones de invernadero en Saltillo, Coahuila.

V. Conclusiones

La aplicación foliar de Aminofol Potasio a la dosis de 8 mL/L (T4) produjo el mayor peso promedio del fruto con 382.79 g, lo cual superó al testigo (T1) en un 9.19%, por lo tanto, se puede indicar que el uso de aminofol potasio si influye sobre esta característica de calidad de fruto. Además, el mismo tratamiento también influyo significativamente en una mayor longitud de fruto, que es otra característica de importancia de comercialización, de hecho, todos los valores obtenidos se encuentran dentro del rango comercial establecido para pepino tipo americano cumpliendo con los estándares de la categoría Super Select del mercado de exportación. De lo antes expuesto se puede concluir de manera adicional que el Aminofol potasio si influyo en característica de calidad agronómica pero no de tipo nutracéutica.

En términos generales, la hipótesis planteada se acepta parcialmente, ya que la aplicación de Aminofol Potasio mostró tendencias positivas sobre el peso, longitud y diámetro del fruto, siendo la dosis de 8 mL/L la que presentó los mejores resultados en variables de rendimiento. No obstante, para variables como firmeza y vitamina C, la dosis de 4 mL/L resultó ser la más favorable.

Los resultados obtenidos para la variable peso promedio por corte indican que la aplicación foliar de Aminofol Potasio generó una respuesta positiva en la producción de pepino, observándose los mayores valores en el tratamiento T2.

A pesar de ello, la tendencia observada permite inferir que la aplicación de Aminofol Potasio favoreció el llenado y desarrollo de los frutos, contribuyendo a incrementar el peso cosechado por corte. En términos agronómicos, el tratamiento T2 mostró el mejor comportamiento productivo, por lo que puede considerarse la dosis más eficiente para promover una mayor producción de fruto sin afectar negativamente el desarrollo del cultivo. Estos resultados sugieren que el uso de Aminofol Potasio constituye una alternativa complementaria al manejo nutricional convencional para mejorar el rendimiento del pepino cultivado bajo condiciones de invernadero.

VI. Referencias

- Aguirre, L.S. (2023). *Evaluación del rendimiento del cultivo de pepino (cucumis sativus) frente a tres fertilizantes, en la parroquia nuevo paraíso*. Escuela superior politécnica de chimborazo <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/0ea9a5f1-f8b0-466f-88ff-5a4ced7e7377/content>
- Antón, R. (2023). *Caracterización y eficiencia agronómica de nuevos productos fertilizantes y bioestimulantes*. Universidad Autónoma de Madrid <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=327652>
- Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes (AEFA). (2024, 30 de agosto). *Fertilizante foliar*. AEFA. <https://aefa-agronutrientes.org/>
- Calderón .M.E. (2025) *Evaluación de tres insecticidas biológicos para el control de Frankliniella occidentalis Thripidae “trips” en el cultivo de Macadamia integrifolia en finca Plantaciones Altamira, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez*. USAC. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/21423/>
- CONABIO (2026). *Sitio web*. <https://www.gob.mx/conabio>

- Condri, R.F. (2024). *Efecto de la folcisteína en el rendimiento de la cebolla cultivar llabaya en el Valle de Moquegua*. Universidad José Carlos Mariátegui <https://repositorio.ujcm.edu.pe/items/9d0b9e2a-62ed-4320-88ec-1583a9c37c64>
- DGSIAP (2026). Sitio web <https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap>
- Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2024). *El pepino y su vocación exportadora*. <https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap/es/articulos/el-pepino-y-su-vocacion-exportadora?idiom=es>
- Elisa, R.E. (2023). *Manejo integrado de insectos chupadores (Bemisia tabaci, Aphis spp., Myzus persicae) en el cultivo de papaya (Carica papaya) en el Ecuador*. Universidad técnica de babahoyo <https://dspace.utb.edu.ec/items/ac238d38-a2c3-42b4-b8a6-1af9dc85a366>
- European Food Information Council (EUFIC). (2020, 4 de marzo). *¿El pepino es una fruta o una verdura y por qué?* EUFIC. <https://www.eufic.org/es/>
- Food and Agriculture Organization (2023). FAOSTAT Statistical Database. Roma, Italia.
- FAO (2026). Sitio web. <https://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Fernández, V.; Sotripoulos, T. y Brown, P.H. (2015). *Fertilización Foliar: Principios Científicos y Prácticas de Campo*. Primera Edición Publisher: Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA) ISBN: 979-10-92366-03-7. https://www.researchgate.net/publication/283908842_Fertilizacion_Foliar_Principios_Cientificos_y_Practicas_de_Campo
- Gutiérrez. J. (2023). *Caracterización agro morfológica y protocolo pre-molecular del germoplasma de pepino dulce (Solanum muricatum), Huamanga 2750 msnm., Ayacucho - 2022*. Universidad Nacional de San Cristóbal de

Huamanga <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/db25516b-8e81-4667-b09c-f5d122424b8c>

Fretel, R. (2024). *Evaluación del efecto de aplicación de tres tipos de biol con diferentes dosis en el rendimiento del cultivo de holantao (Pisum sativum var. saccharatum) en el distrito de Cayna, Provincia de Ambo Región Huánuco*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4204>

García, A. y Román, E. (2025). Del fallo de medro a la desnutrición infantil: un cambio de paradigma. *Pediatr Integral*; XXIX (3): 161 – 168 https://www.pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2025/05/Pediatria-Integral-XXIX-3_WEB.pdf#page=69

García, N.A. (2022). *Diseño de una escala para evaluar la severidad de la cenicilla (erysiphe cichoracearum dc) en el cultivo de pepino (cucumis sativus L.)*. Universidad autónoma del estado de morelos http://www.riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/2416/GAVN_LS03T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gaviria, V.; Rojas, I.C. y Vergara, Y. (2023). Comparación de tratamientos para el desarrollo muscular. En *Desarrollo Muscular como Componente del Deporte y Rendimiento Humano*. ISBN: 978-99989-64-47-1 <https://biblioteca.ciencialatina.org/wp-content/uploads/2023/10/Desarrollo-Muscular-como-Componente-del-Deporte-y-Rendimiento-Humano-2023.pdf#page=74>

Gómez, E. y Román, D.L. (2025). Urea en el síndrome de secreción inadecuada de hormona antidiurética crónico: suplemento dietético o fármaco. *Nutrición Hospitalaria*, 42(2), 199-200. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.5683>

Gómez, V. Y., y Salas, J. (2024). Interacción de los iones calcio y potasio en la sobrevivencia y crecimiento del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en

- aguas de baja salinidad. *Orinoquia*, 28(2), e–814.
<https://doi.org/10.22579/20112629.814>
- Laboratorios A-L de México, S.A. de C.V. (s. f.). *Fertilización foliar: Ventajas y limitaciones* [PDF]. Laboratorios A-L de México.
<https://www.laboratoriosaldemexico.com.mx/laboratorio-de-analisis/>
- López, V. (2014). Los aminoácidos y su interacción con los vegetales. *Terralia*, 25(99).
<https://aeфа-agronutrientes.org/wp-content/uploads/entrevista-a-vicente-lopez-sobre-aminoacidos-vegetales-2.pdf>
- Martínez, A.; Zamudio, B.; Cardoso, J.C. y Espinosa, A. (2022). Efecto de aminoácidos foliares en la extracción y remoción de nutrientes en maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 45 (2):173-181,
<https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/45-2/3a.pdf>
- Márquez, S. (2024). *Actividad biológica de los β -aminoácidos*. Universidad de La Laguna. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/38339>
- Mayén, R.I.; Morales, E.J.; Morales, E.J. y López, J.A. (2023). Rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum*) en función de fosfito de potasio como fertilizante foliar. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 10(2),
<https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3543>
- Ortega, J., Briones, J., Morán, J., Narváez, W., Vera, M., Burgos, G. y Flores, H. (2023). Desarrollo de una estrategia química y orgánica para el control del mildiu veloso (*Pseudoperonospora cubensis* Berkeley et Curtis) en melón. *Agrosilvicultura Y Medioambiente*, 1(2), 4–13.
<https://doi.org/10.47230/agrosilvicultura.medioambiente.v1.n2.2023.4-13>
- Palacios, F.A. (2025). *Importancia de los abonos orgánicos en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*, L.) en el Ecuador*. Universidad técnica de babahoyo
<https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/731f6e87-2f09-4a61-a165-a99292a9cc20/content>

- Paris, H. S. (2015). Origin and emergence of the sweet dessert watermelon, bitter melon, cucumber and other cucurbits. *Horticultural Reviews*, 43, 1–66.
- Pedreru, O.; Barrutia, O. y Díez, J.R. (2023). Modelo Científico de la Nutrición Vegetal: análisis epistemológico y propuesta de progresión de aprendizaje. *REurEdC*, 20(3). <https://rodin.uca.es/handle/10498/29292>
- Peñas, M. (2025). Desarrollo de nuevos bioestimulantes agrícolas, a partir de la combinación de microorganismos y extractos vegetales, contra el estrés abiótico en cultivos de cereales y leguminosas. Granada: Universidad de Granada, <https://hdl.handle.net/10481/104868>
- Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO). (2021). *Guía de consumo: Pepino*. Revista del Consumidor. <https://revistadelconsumidor.profeco.gob.mx/>
- Renner, S. S., Schaefer, H., & Kocyan, A. (2007). Phylogenetics of Cucumis (Cucurbitaceae): Cucumber (*C. sativus*) belongs in an Asian/Australian clade far from melon (*C. melo*). *BMC Evolutionary Biology*, 7, 58.
- Rivas, B., Vega, C. y Fernández, G. (2023). Protocolo diagnóstico y terapéutico de los trastornos del potasio. *Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 13(81). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304541223001609>
- Robinson, R. W., & Decker-Walters, D. S. (1997). Cucurbits. CAB International, Wallingford, United Kingdom.
- Rodríguez, L.A.; Valdés, M.C.; Salazar, Y.; Ramírez, K. y Arredondo, A.L. (2024). Comparación del efecto de diferentes intensidades de campo eléctrico en la germinación de semillas de pepino (*Cucumis sativus*). *Jóvenes en la ciencia*, 28. <https://doi.org/10.15174/jc.2024.4340>
- Rodríguez, V. (2022). *Evaluación comparativa de un sistema de producción hidropónica de pepino americano variedades 543 y 21-sl971 en el parque agroindustrial tlapanalá*. Benemérita universidad autónoma de puebla <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/f567b8e3-870b-4259-8937-59df18b76a36/content>

- Sánchez, I. ., Solís, R. C. ., Huaman, A. B. .y Calderón, D. M. . (2026). Respuesta agronómica y fitosanitaria de arveja (*Pisum sativum* L.) a la aplicación de bioestimulantes radiculares en los Andes centrales del Perú. *Alfa Revista De Investigación En Ciencias Agronómicas Y Veterinarias*, 10(29), 1–14. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v10i29.465>
- Sandoval, J.F. (2025) *Evaluación de metabolitos extracelulares de Trichoderma spp. para el control de Botrytis cinerea causante de la “podredumbre gris” en uva de mesa (Vitis vinifera)*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann <https://repositorio.unjbg.edu.pe/items/760a4232-ead6-4ec2-a2f0-22a579f9ca26>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2023). *Pepino mexicano, el favorito de muchos*. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/pepino-mexicano-el-favorito-de-muchos>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Estadísticas de producción agrícola de México.
- Tamayo, J.F.; Michell, L. y Urrea, A.I. (2022). Efecto de la concentración del potasio (K+) sobre el desarrollo morfológico y procesos fisiológicos de plántulas de cinco genotipos de *Theobroma cacao* L. *Revista de la Facultad de Agronomía*; 121(2). <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/147653>
- Torregrosa, Y. (2022). *Evolución de plagas en cultivos de tomate, pera y vid*. Universidad Miguel Hernández de Elche. <https://dspace.umh.es/handle/11000/29186>
- United States Department of Agriculture. (2024). FoodData Central Database.
- Vásquez, E. (2023). *Respuesta en el Desarrollo y Rendimiento de Chile Manzano (Capsicum pubescens) a la Aplicación de Diferentes Bioinsumos*. Universidad autónoma agraria antonio narro <https://oai.uaaan.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/49841/K%2069167%20Vel%C3%A1squez%20%20C3%81lvarez%2C%20Erika.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Velásquez, E. (2024). *Respuesta en el desarrollo y rendimiento de chile manzano (Capsicum pubescens) a la aplicación de diferentes bioinsumos*. <https://www.sidalc.net/search/Record/oai:https://repositorio.uaaan.mx:123456789-49841/Description>
- Vélez, M.C.; Meza, R.J.; Abasolo, F. y Álvarez, P.I (2022). Uso de extractos botánicos para el control de pulgón (*Myzus persicae*: Aphididae) y mosca

blanca (*Bemisia tabaci*: Aleyrodidae) en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*: Solanaceae), en Ecuador. *Terra Latinoamericana*, 40, <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1454>

- Gruda, N. S., Li, X., Gallegos-Cedillo, V. M., Samouline, G., Dong, J., Weiss, J., & Fernández, J. A. (2025). From growth to table: exploring the impact of pre-harvest conditions on greenhouse vegetable quality. *European Journal of Horticultural Science*, 90(1). <https://doi.org/10.1079/ejhs.2025.0019>
- Lillo, P., Sánchez-Moreno, S., Vela, M. D., de Cara-García, M., & Talavera, M. (2025). Suppression of the root-knot nematode disease through background fertilization with organic amendments. *Frontiers in Plant Science*, 16.
- Raza, Q.-U.-A., Rehim, A., Bashir, M. A., Raza, H. M. A., Aon, M., Geng, Y., et al. (2024). Identifying the abilities of biostimulants to improve vegetable production compared with conventional fertilizer. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1345259.
- Tang, L. (2025). Nutrient Requirements and Fertilizer Management Strategies in Plant Cultivation. *Plants*, 14(19), 2981.
- Henderson, B. C. R., Sanderson, J. M., & Fowles, A. (2025). A review of the foliar application of individual amino acids as biostimulants in plants. *Discover Agriculture*, 3, 69.