



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**Efecto de la aplicación de aminoácidos y fertilizante foliar
en el rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum*
Mill.) bajo condiciones de invernadero**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÍCOLA

**PRESENTA:
LIZBETH BERENICE ARAGÓN MARTÍNEZ**

**ASESOR:
I.A. FERNANDO ORTIZ SALGADO**

Cuatitlán Izcalli, Estado de México, 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Amelia Martínez Santiago y Antonio Aragón Juárez, por brindarme las herramientas y las facilidades para poder enfocarme en mis estudios, por siempre darme palabras de aliento para no rendirme, por nunca dejarme sola, por eso y mucho más, muchas gracias por todo su esfuerzo y dedicación, seguiré dando la mejor versión de mi para reflejar los valores que me han inculcado desde niña.

A mi hermana Mitzy Yaneth Aragón Martínez por enseñarme el valor de la dedicación y el esfuerzo en el estudio, por ser un ejemplo para alcanzar las metas y siempre estar a mi lado.

A mis primos Javier Aragón Aragón y Ricardo Aragón Aragón y mis tíos Cipriana Aragón Juárez y Panfilo Alfonso Aragón Sosa por ser mi segundo hogar y brindarme dirección en los momentos críticos, por darme su cariño, apoyo y aliento para seguir creciendo como persona.

A mis profesores Fernando Ortiz Salgado y Juan Roberto Guerrero Agama quienes me acompañaron durante esta etapa de mi vida, compartiéndome sus conocimientos y puntos de vista para lograr una de mis metas.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, y a la Carrera de Ingeniería Agrícola, por ser el lugar donde pude conocer a grandes personas, vivir nuevas experiencias y principalmente darme las herramientas y conocimientos necesarios para desarrollarme como profesionalista.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	<i>i</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>ii</i>
RESUMEN	<i>iii</i>
INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.2 OBJETIVOS PARTICULARES	4
1.3 HIPÓTESIS	4
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN MÉXICO	5
2.2. ORIGEN	6
2.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y TAXÓNOMICA DEL TOMATE	7
2.4. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS	8
2.5. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES	11
2.6. SISTEMAS DE NUTRICIÓN DE TOMATE BAJO INVERNADERO	13
2.6.1. Fertilización edáfica	13
2.6.2. Fertirriego	14
2.6.3. Fertilización foliar	16
2.7. LOS AMINOÁCIDOS EN LAS PLANTAS	17
2.7.1. Aplicación de aminoácidos en las plantas	18
2.8. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN TOMATE	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	22
3.2. MATERIAL VEGETATIVO	23
3.2.1. Materiales	24
3.2.2. Solución nutritiva	24
3.2.3. Fertilizante foliar	25
3.2.4. Aminoácidos	26
3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS TRATAMIENTOS	26
3.3.1. Tratamientos evaluados	26
3.3.2. Aplicaciones	27
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL	27
3.5. PARÁMETROS EVALUADOS	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30

4.1.	NÚMERO DE HOJAS.....	30
4.2.	ALTURA DE LA PLANTA.....	32
4.3.	PESO DE FRUTOS.....	34
4.4.	DIÁMETRO ECUATORIAL.....	35
4.5.	DIÁMETRO POLAR.....	36
4.6.	RENDIMIENTO.....	38
V.	<i>CONCLUSIONES</i>	40
VI	<i>REFERENCIAS</i>	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Precios promedio del tomate en el estado de México durante el año 2022 _____	6
Tabla 2. Extracción de los macronutrientes al final del ciclo en tomate _____	11
Tabla 3. Función de los nutrientes según la fase de desarrollo para cultivo de tomate _____	12
Tabla 4. Tasas de nutrientes recomendados por ha por día y etapa de crecimiento _____	13
Tabla 5. Programa de fertilización granulado para cultivo de tomate _____	14
Tabla 6. Aminoácidos presentes en la mayoría de las proteínas _____	18
Tabla 7. Características del híbrido “El Cid F1” de Harris Moran seed company _____	23
Tabla 8. Solución nutrimental durante etapa vegetativa y reproductiva _____	24
Tabla 9. Composición del fertilizante inorgánico sólido GrowdFeed _____	25
Tabla 10. Composición de Fast bioactivador 17 aminoácidos _____	26
Tabla 11. Tratamientos evaluados _____	26
Tabla 12. Dosis empleadas en los tratamientos evaluados _____	26
Tabla 13. Calendario de medición y aplicación de tratamientos _____	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Invernadero de Docencia e Investigación en Agricultura Protegida (IDIAP)	22
Figura 2. Identificación de las unidades experimentales por tratamiento	24
Figura 3. Disposición de tratamientos dentro del invernadero	28
Figura 4. Medición de variables	30
Figura 5. Número de hojas promedio por tratamiento	31
Figura 6. Comportamiento del número de hojas de la planta de tomate rojo conforme al tiempo	32
Figura 7. Altura promedio de la planta por tratamiento	33
Figura 8. Comportamiento de la altura de la planta de tomate rojo conforme al tiempo	34
Figura 9. Peso promedio del fruto	35
Figura 10. Diámetro ecuatorial promedio	36
Figura 11. Diámetro polar promedio	37
Figura 12. Rendimiento del tomate rojo por tratamiento	39

RESUMEN

El tomate es la principal hortaliza cultivada en todo el mundo y el crecimiento demográfico ha generado un aumento en la demanda; sin embargo, resulta difícil de cubrir mediante el empleo de técnicas agrícolas tradicionales. Es por ello por lo que se han desarrollado diversas tecnologías para la producción de este cultivo, entre las cuales se encuentran la aplicación de fertilizantes foliares como complemento a la nutrición, así como el uso de aminoácidos que son moléculas presentes en las plantas que se caracterizan por ser precursores de proteínas. Varios artículos reportan que su aplicación genera incremento en el rendimiento y se recomienda su uso principalmente bajo condiciones de estrés en la planta, aunque actualmente se manejan dentro de los paquetes tecnológicos como complemento en la nutrición. En este trabajo se evaluó el rendimiento y la calidad de tomate con el uso de aminoácidos bajo condiciones de invernadero en la localidad de Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

Los resultados indican que el uso de fertilizante foliar aumentó la calidad del fruto, el número de hojas y la altura de la planta. Mientras que, los aminoácidos por si solos no son favorables para ninguna de estas variables. Sin embargo, la interacción entre solución nutritiva, fertilizante foliar y aminoácidos bajo condiciones de invernadero resultó viable para aumentar el rendimiento y estadísticamente significativa para la variable diámetro polar. Con los resultados obtenidos se establece que la aplicación de aminoácidos sin condiciones de estrés en la planta no incrementa ninguna de las variables evaluadas en el presente trabajo.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es uno de los cultivos hortícolas más importantes a nivel mundial, esta planta pertenece a la familia Solanaceae y es originaria de América del Sur. Es gracias a su uso en diferentes productos procesados y a su alto valor nutricional que tanto el cultivo como el consumo del tomate está aumentando en todo el mundo (Jones, 2007)

El crecimiento demográfico ha incrementado la demanda de alimentos, sin embargo, las técnicas agrícolas tradicionales no generan la producción suficiente, por esta razón se requiere de la integración de tecnología aplicada a los sistemas de producción actuales (Méndez, 2013). La disponibilidad y el comportamiento de los precios de esta hortaliza en el mercado nacional están en función de la estacionalidad de la producción, el flujo de las exportaciones y de posibles afectaciones al cultivo por fenómenos meteorológicos. Al parecer la variedad y tecnología aplicada en producción puede dar un valor agregado, para lo cual se establecen paquetes tecnológicos que incluyen la aplicación de diversos fertilizantes, insecticidas, herbicidas, fungicidas y nematocidas, así como la aplicación de hormonas y reguladores de crecimiento de síntesis natural como los aminoácidos, también llamados bioactivadores de crecimiento (FIRA, 2019).

La aplicación de sustancias propias del metabolismo de las plantas ha sido usada durante mucho tiempo debido a la sobrevaloración de las potencialidades autotróficas de los vegetales. Actualmente existen formulados con composiciones variables en concentraciones y perfil de aminoácidos los cuales recibieron el nombre genérico de bionutrientes (Montano et al., 2007).

Cuando existen condiciones de estrés por factores bióticos o abióticos, se presentan reacciones desfavorables en las plantas, bajo estas condiciones, el aporte de aminoácidos ayuda a contrarrestar los efectos negativos causados por estrés debido a que la aplicación de aminoácidos permite aportar de manera directa a la

planta la materia prima básica para la formación de proteínas en menor tiempo y con un ahorro energético importante, ya que los reconoce como sustancias del metabolismo celular (Peñaranda, 2017). Actualmente los aminoácidos también se usan cuando se quiere ayudar a la planta en momentos críticos, tales como el enraizamiento, la floración y el cuajado de frutos (Méndez, 2013).

En 2018, Campozano realizó una evaluación de aminoácidos aplicados al suelo y follaje sobre el desarrollo y producción del cultivo de arroz en la zona de Babahoyo, obteniendo como resultado que el uso de aminoácidos aumentó la capacidad del cultivo para la obtención de mejores rendimientos, demostrando así que la aplicación de estos puede afectar positivamente las variables relacionadas con el desarrollo de la planta como la altura, días a floración, días a cosecha y relación granos paja, además de tener una influencia directa en el rendimiento, especialmente cuando las aplicaciones fueron dirigidas al follaje.

Por otro lado, la fertilización foliar es una herramienta importante para el manejo sostenible y productivo de los cultivos, debido a que las hojas no solo llevan a cabo procesos de respiración y transpiración, también es por sus características anatómicas, pues presentan condiciones ventajosas para una incorporación inmediata de los nutrimentos a los fotosintatos y la translocación de estos a los lugares de la planta de mayor demanda, el uso de fertilizantes foliares permite un uso más eficiente de los nutrientes y es una alternativa cuando la demanda interna de la planta y las condiciones ambientales interactúan para limitar el suministro de nutrientes a los órganos vitales de la planta (INTAGRI, 2013). Trinidad y Aguilar (1999) mencionan que, la fertilización foliar es una práctica común e importante para los productores porque corrige las deficiencias nutrimentales de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y la calidad del producto.

En general, la literatura reporta que el uso de fertilización foliar mejora el rendimiento y la calidad del producto, mientras que los aminoácidos proporcionan un apoyo a la planta en momentos críticos durante su desarrollo, pero no se presentan estudios

donde se tenga una relación de fertilización foliar y aplicación de aminoácidos en el rendimiento de las plantas bajo condiciones de invernadero.

Para garantizar una mayor eficiencia en la producción de tomate rojo es necesario aplicar tecnologías que favorezcan al cultivo, para eso se busca reportar el impacto en el rendimiento que otorga la aplicación de aminoácidos en el cultivo de tomate rojo comparándolo con la aplicación de fertilizante foliar y solución nutritiva.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la aplicación de una fuente de aminoácidos y un fertilizante foliar, en el rendimiento y calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero para determinar si su aplicación favorece al cultivo.

1.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Analizar el efecto en el rendimiento y calidad de tomate por la aplicación de aminoácidos y fertilizante foliar, bajo condiciones de invernadero.
- Determinar en qué variables es favorable el uso de aminoácidos y/o fertilizante foliar.
- Determinar el manejo más adecuado para incrementar el rendimiento y calidad de tomate bajo condiciones de invernadero.

1.3 HIPÓTESIS

Se espera obtener un resultado que le sirva al agricultor en la toma de decisión sobre la implementación del uso de aminoácidos y/o fertilizante foliar, además de determinar el manejo nutrimental más eficiente, con el propósito de generar información agronómica a través de una evaluación técnica que sirva como referencia al productor.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN MÉXICO

En México, el tomate es la hortaliza de mayor producción debido a que se cultiva para atender la demanda nacional y la exportación. La producción y el consumo mundial de tomate rojo registran una tendencia al alza durante la década reciente principalmente por el aumento de productividad promedio por unidad de superficie (FIRA, 2019).

De acuerdo con los datos del SIAP reportados en junio de 2023 el tomate es uno de los principales productos que exporta el país. En los últimos cinco años se han destinado en promedio cerca de 143 mil toneladas mensuales al mercado externo principalmente a Estados Unidos y Canadá.

El cultivo de tomate a cielo abierto se concentra en los estados de Sinaloa, Sonora, Baja California, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Morelos y San Luis Potosí, los cuales cubren la demanda del mercado interno y de exportación, por otra parte, la producción de jitomate en invernadero tiene como principal objetivo cubrir dos pequeñas ventanas de mercado, que ocurren en julio-agosto y noviembre (SADER, 2019).

El cultivo bajo invernadero permite controlar los impactos que tienen en la producción distintos factores como el clima, plagas y enfermedades, pero sobre todo, permite obtener productos de excelente calidad en cualquier época del año (SENASICA, 2016). En la Ciudad de México, hasta el año 2019 se tuvo una producción en pequeñas superficies bajo condiciones de invernadero con una productividad de 10 toneladas por cada 1000 metros cuadrados en las variedades de tomate tipo bola, saladette, cherry y tipo uva, que se comercializa de manera local (SADER, 2019).

En la Tabla 1 se observan los datos arrojados por el SNIIM (2023) para el promedio del precio frecuente del kilogramo por mes de tomate durante el año 2022 en el estado de México, donde este alcanzó los precios más altos durante los meses de octubre a diciembre, los más bajos durante los meses de enero a febrero y para los meses de marzo a septiembre hubo una ligera variación, aunque se mantuvo el precio.

Tabla 1. Precios promedio del tomate en el estado de México durante el año 2022

Mes	Promedio de precio mínimo	Promedio de precio máximo	Promedio de precio frecuente
ene	8.95	10.57	9.95
feb	7.16	8.53	7.95
mar	11.27	12.64	12.05
abr	12.65	15.38	14.60
may	11.44	13.96	13.35
jun	10.82	13.62	12.78
jul	10.41	12.26	11.51
ago	10.76	12.55	11.78
sep	12.90	14.85	13.97
oct	15.38	17.69	16.82
nov	16.83	18.69	17.94
dic	21.38	23.23	22.38
Total	12.96	15.03	14.27

Elaboración propia con datos del SNIIM (2023).

2.2. ORIGEN

El tomate *Lycopersicon esculentum* se cultiva por su fruto comestible, la especie es nativa de América del Sur, domesticada por primera vez en México. A mediados del siglo XVI, el tomate se introdujo en Europa donde se cultivaba por la belleza de su fruto, pero no se comía con frecuencia, excepto en Italia y España, se pensaba que la fruta era venenosa por su parecido con la belladona. Aunque es originario del Nuevo Mundo, el tomate se introdujo de nuevo en América desde Europa en el siglo XVIII y su importancia como hortaliza se produjo recién en el siglo pasado (Smith, 1994).

En las últimas décadas, la introducción de los cultivares mejorados en Estados Unidos y Europa, en particular de los tipos híbridos, ha ido eliminando los cultivares nativos de calidad inferior (CENTA, 2018).

2.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y TAXÓNOMICA DEL TOMATE

La planta de tomate tiene el tallo grueso, pubescente, anguloso y de color verde, mide entre 2 y 4 cm de ancho y es más delgado en la parte superior, en el tallo principal se forman tallos secundarios, nuevas hojas y racimos florales, y en la porción distal se ubica el meristemo apical, de donde surgen nuevos primordios florales y foliares (Monardes, 2009).

La hoja es pinnada y compuesta, presenta de siete a nueve foliolos peciolados lobulados y con borde dentado, alternos, opuestos y, por lo general, de color verde, glanduloso-pubescente por el haz y ceniciento por el envés. Se encuentra recubierta de pelos glandulares y dispuestos en posición alternada sobre el tallo (Monardes, 2009). La posición de las hojas en el tallo puede ser semirecta, horizontal o inclinada (IPGRI, 1996).

Su flor es perfecta y regular; los sépalos, los pétalos y los estambres se insertan en la base del ovario, el cáliz y la corola constan de cinco o más sépalos y de cinco pétalos de color amarillo, que se encuentran dispuestos de forma helicoidal, poseen cinco o seis estambres que se alternan con los pétalos, formando los órganos reproductivos, el ovario tiene dos o más segmentos (Infoagro Systems S.L., 2016). Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimo, en grupos de tres a diez, en variedades comerciales de tomate medianas y grandes. Las inflorescencias se ubican en las axilas, cada dos o tres hojas (INTA, 2014). Es normal que se forme la primera flor en la yema apical, mientras que las demás aparecen en posición lateral y por debajo de la primera, siempre colocándose alrededor del eje principal, siendo el pedicelo el que une la flor al eje floral (Infoagro Systems S.L., 2016).

El fruto es una baya bilocular o plurilocular, subesférica globosa o alargada, que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gr, el fruto está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas, en estado inmaduro es verde y cuando madura, es rojo (EDIFORM, 2006). Existen cultivares de tomate con frutos de color amarillo, rosado, morado, naranja y verde, entre otros. El fruto contiene las semillas, son ovoides, comprimidas, lisas o muy velludas, parduzcas y están embebidas en una abundante masa mucilaginosa, cada semilla está compuesta por el embrión, el endospermo y la cubierta seminal (Díaz y Hernández, 2003).

En el tomate, el sistema radicular ayuda a la planta a anclarse al suelo o al sustrato, absorbe y transporta nutrientes y agua a la parte superior de la planta. Está constituido por la raíz principal y las raíces secundarias y adventicias; estas últimas son numerosas y potentes y no superan los 30 cm de profundidad (Monardes 2009; INTA 2014).

Según el hábito de crecimiento, las variedades de tomate se clasifican en dos grupos (INIA, 2017):

- Variedades de crecimiento determinado, cuyos tallos terminan en un ramillete floral que marca el punto donde se termina el crecimiento.
- Variedades de crecimiento indeterminado, que son aquellas de hábito guiador, cuyo ápice ubicado en la parte extrema del tallo, sigue creciendo indefinidamente.

2.4. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS

La variación de los factores edafoclimáticos en el cultivo de tomate rojo influye directamente en la formación y crecimiento de la planta y el fruto, el uso de

invernaderos facilita mantener y controlar estos factores dentro de rangos aceptables siendo beneficiosos para el cultivo (Juarez Antonio, 2015).

El cultivo de tomate es una planta sensible a cambios extremos de temperatura y/o humedad, lo que hace necesario mantenerlos dentro del rango óptimo para el desarrollo del cultivo (Jaramillo et. al, 2012). Las temperaturas adecuadas para el correcto desarrollo del tomate rojo oscilan entre 20°C y 30°C durante el día y entre 14°C y 17°C durante la noche; temperaturas superiores a los 30°C o 35°C afectan principalmente la fructificación por el mal desarrollo de óvulos, además de que el desarrollo de la planta y del sistema radicular también se ven afectados (INIFAP, 2012). La humedad relativa juega un papel importante en la formación del fruto pues del 65% al 85% beneficia el desarrollo de la planta expresando en crecimiento y fertilidad óptimos, un aumento de la humedad relativa da como resultado una liberación irregular de los granos de polen y una distribución insatisfactoria en el estigma, generando una fruta parcialmente fertilizada, pequeña, deformada y hueca, además de crear condiciones para el desarrollo de diversas enfermedades. Por otro lado, una humedad relativamente baja y una temperatura alta provoca que haya una tasa alta de evaporación del agua de las hojas, esto puede provocar el marchitamiento parcial de la planta y un aumento de la pudrición del extremo de la flor (Zeidan, 2005).

Las plantas de tomate son menos susceptibles a factores como el fotoperiodo, sin embargo, cuando la intensidad de la radiación es baja hay una influencia negativa sobre las plantas y sobre la producción, está comprobado que la baja luminosidad tiene un efecto sobre la producción de frutos huecos y la maduración anormal en los frutos de tomate pues incide en los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta, reduce la viabilidad del polen, limita la evapotranspiración, reduce la absorción del agua y nutrientes, y favorece la deficiencia de calcio o podredumbre apical del fruto (Jaramillo et. al, 2012).

En cuestión a los requerimientos edáficos; el tomate, puede producirse en una amplia gama de condiciones de suelos, los mejores resultados se obtienen en

suelos profundos, de texturas medias, permeables y sin obstáculos físicos en el perfil, suelos con temperaturas entre los 15 y 25°C favorecen un óptimo establecimiento del cultivo después del trasplante (Jaramillo et. al, 2006). En cuanto al pH de suelo, el óptimo debe oscilar entre 6 y 6,5 para que la planta se desarrolle y disponga de nutrientes adecuadamente (INIA, 2017). Además de esto tendríamos que considerar que el cultivo en suelo tiende a exponerlo ante diferentes factores que limitan el rendimiento de este como la salinidad, la compactación del suelo, una baja fertilidad, patógenos, malezas entre otros.

El uso de sustratos es una alternativa para cultivar en áreas donde el crecimiento del cultivo se ve comprometido por problemas existentes en el suelo, estos sustratos pueden ser cualquier medio sólido, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, distinto del suelo que sirva de soporte para las raíces de la planta (Abad & Noguera,1998). Los sustratos se pueden clasificar de acuerdo con sus propiedades, por un lado, tenemos a los químicamente inertes como la grava, roca volcánica y la arena silíceas y por otro lado están los químicamente activos como la vermiculita y la turba (Martínez & Roca, 2011). Otra forma de clasificarlos es por su origen, existen de naturaleza orgánica como son las turbas, compostas, vermicomposta y algunos subproductos de la agroindustria tales como fibra de coco, cascarilla de arroz y aserrín, y los de naturaleza inorgánica tales como arena, grava, tezontle, perlita, vermiculita y lana de roca (INTAGRI, 2009).

De acuerdo con los resultados obtenidos por Ortega et al. (2010) el sustrato recomendado para el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero es la mezcla aserrín-composta debido a que presentó significativamente los mejores resultados en las variables altura, grosor del tallo, tamaño de frutos y rendimiento por planta y metro cuadrado.

Un factor imprescindible para el desarrollo del cultivo es el agua, conocer el suministro necesario para el cultivo de tomate ha dado lugar a diferentes investigaciones y resultados durante varios años. Snyder (1992) menciona que el cultivo de tomate puede desarrollarse con volúmenes diarios de agua de 1,800 a

2,700 mL/planta/día en la etapa de fructificación, por otra parte, Flores et al. (2007) en Chapingo, obtuvo que los requerimientos de riego del tomate varían de 200 mL por planta en la etapa inicial, hasta 1500 mL, en la etapa de máxima demanda. El valor máximo del requerimiento de riego es menor que el reportado en la literatura para bajas densidades de plantación de Snyder (1992), por lo anterior, los requerimientos de agua de riego deben estimarse de manera específica para las condiciones locales en cada periodo de cultivo (Flores et al., 2007).

2.5. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

En el 2013, Betancourt y Pierre evaluaron la cantidad de macronutrientes extraídos por el cultivo de tomate variedad Alba obteniendo como resultado que la hoja fue el órgano que presentó mayor acumulación de Ca, mientras que en el fruto la mayor acumulación fue de K. En la Tabla 2 se especifican las cantidades de macronutrientes extraídas por la planta al final del ciclo del tomate. Concluyen que la mayor extracción de N, P y K correspondió a los frutos, mientras que los elementos Ca y Mg fueron extraídos principalmente por las hojas.

Tabla 2. Extracción de los macronutrientes al final del ciclo en tomate

	Extracción (mg por planta)				
	Fruto	Hoja	Tallo	Raíz	Planta
Nitrógeno	441	265	238	24	970
Fósforo	214	106	33	4.5	358
Potasio	1207	483	418	37	147
Calcio	104	2016	425	57	2603
Magnesio	77	164	158	4.7	405

Elaboración propia con datos de Betancourt y Pierre 2013, *Extracción de macronutrientes por el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum Mill. Var. Alba) en casas de cultivo en Quíbor, Estado Lara.*

Estos nutrientes tienen diferentes funciones según la fase de desarrollo (Tabla 3), teniendo esto en cuenta se pueden administrar en las cantidades necesarias durante la etapa de crecimiento indicada para obtener frutos de calidad y larga vida de anaquel.

Tabla 3. Función de los nutrientes según la fase de desarrollo para cultivo de tomate

Establecimiento del cultivo	
Nitrógeno y Potasio	Promueve el crecimiento
Fósforo	Maximiza el desarrollo radicular
Calcio	Impulsa el crecimiento de raíces y follaje
Boro y Zinc	Correcto desarrollo de brotes
Manganeso y Molibdeno	Correcto desarrollo de brotes
Crecimiento Vegetativo	
Nitrógeno y Fósforo	Crecimiento continuo
Potasio y Magnesio	Maximiza concentraciones de follaje antes de la floración
Calcio y Azufre	Mantiene el crecimiento vigoroso de la planta
Boro y Zinc	Aseguran que no se entorpezca el crecimiento
Manganeso y Molibdeno	Aseguran que no se entorpezca el crecimiento
Floración	
Nitrógeno y Potasio	Mantienen el crecimiento de la planta y maximizan el número de flores
Fósforo	Participa en el desarrollo frutal
Calcio	Maximiza el desarrollo reproductivo
Boro y Zinc	Maximizan el cuajado, desarrollo y fructificación
Magnesio	En esta fase la necesidad de magnesio es usada en mayor cantidad pues mejora la floración y el rendimiento
Maduración del fruto	
Nitrógeno	Es usado en cantidades reducidas para mantener el llenado de este
Calcio	Mantiene una buena firmeza y calidad del fruto además de reducir el riesgo de podredumbre apical
Boro y Zinc	Aseguran una maduración uniforme
Magnesio	Se debe mantener en los niveles máximos para producir frutos de calidad

Elaboración propia con datos de YARA, 2022, *Función de los nutrientes por fase de desarrollo del tomate.*

En la Tabla 4 se muestra la recomendación de fertilización para el cultivo de tomate en cada etapa de crecimiento.

Tabla 4. Tasas de nutrientes recomendados por ha por día y etapa de crecimiento

Etapa	Días después de la siembra / trasplante	kg/ha/día					kg/ha/etapa				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Siembra	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
Vegetativo	2-15	0.57	0.14	0.93	0.07	0	8	2	13	1	0
Florecimiento	16-30	0.6	0.13	0.93	0.07	0.07	9	2	14	1	1
Amarre	31-40	0.6	0.2	0.9	0.1	0	6	2	9	1	0
Crecimiento del fruto	41-60	1.2	0.3	1.9	0.1	0.05	24	6	38	2	1
1era cosecha	61-65	1.2	0.4	1.8	0.2	0	6	2	9	1	0
Cosecha	66-120	2.36	0.65	3.78	0.24	0.15	130	36	208	13	8
Cosecha	121-170	1.78	0.48	2.84	0.18	0.1	89	24	142	9	5
Última cosecha	171-210	1.78	0.48	2.85	0.18	0.1	71	19	114	7	4
Total							344	93	548	35	19

Elaboración propia con datos de HAIFA 2023, Guía de Cultivo: Recomendaciones de Fertilización para Tomate.

2.6. SISTEMAS DE NUTRICIÓN DE TOMATE BAJO INVERNADERO

2.6.1. Fertilización edáfica

Microfertisa (1992) define como fertilización edáfica o radicular a la aplicación al suelo de abonos químicos u orgánicos en estado sólido o líquido, para que las plantas los absorban a través de sus raíces. Menciona que una de las ventajas de realizar la fertilización edáfica es que la superficie del suelo se seca más rápido que la parte situada debajo por lo tanto colocar el abono en la zona del suelo que permanece húmeda por mayor tiempo favorece su absorción por la planta y se evitan pérdidas por volatilización, inmovilización y desnitrificación.

En el cultivo de tomate la forma más usual para fertilizar directamente al suelo es con el uso de fertilizantes granulados como Hidrocomplex, Ferticomplex, Hidroblue, Novatec, entre otros o con el uso de mezclas físicas que resultan de la mezcla de

dos o más fertilizantes en forma mecánica sin que medien reacciones químicas, también existen las fórmulas completas las cuales tienen tres o más nutrientes, usualmente con N-P-K y también puede contener magnesio, azufre, boro y zinc (Molina, s/f).

En la Tabla 5 se muestra un programa de fertilización para el cultivo de tomate usando solamente fertilizantes granulados.

Tabla 5. Programa de fertilización granulado para cultivo de tomate

Aplicación	Fuente	Dosis (Kg/ha)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	S
					Kg/ha		
Transplante	10-30-10	300	30	90	30	-	-
22 ddt	10-30-10	300	30	90	30	-	-
45 ddt	19-4-19-3-1.8(S)	300	57	12	57	9	5.4
75 ddt	19-4-19-3-1.8 (S)	300	57	12	57	9	5.4
90 ddt	19-4-19-3-1.8 (S)	200	38	8	38	6	3.6
105 ddt	12-11-18-3-8 (S)	200	24	22	36	6	16
120 ddt	12-11-18-3-8 (S)	200	24	22	36	6	16
140 ddt	12-11-18-3-8 (S)	200	24	22	36	6	16
160 ddt	12-11-18-3-8 (S)	200	24	22	36	6	16
Total		2200	308	300	356	48	78.4

Elaboración propia con datos de Molina (s/f), Fertilización de tomate, Centro de investigaciones agronómicas universidad de Costa Rica.

2.6.2. Fertirriego

El fertirriego es la aplicación de los nutrientes que necesita la planta junto al agua de riego (Mazuela, 2013). Uno de los objetivos del fertirriego es poner a disposición de la planta el agua y los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo por lo cual es necesario ajustar las dosis en función del cultivo, época del año y estado de desarrollo de la planta (Salas & Urrestarazu, 2001).

La fertirrigación puede realizarse preparando la solución de riego en un recipiente incorporando los fertilizantes en las cantidades necesarias para ajustar los equilibrios, la conductividad y el pH para después incorporar directamente a la

tubería de riego, lo más recomendable y práctico es realizar una solución concentrada "solución madre" que posteriormente se irá inyectando en el agua de riego a través de un inyector Venturi, el cual toma la solución nutritiva de un depósito sin presión y lo inyectan con presión a la red (Díaz et al., 1999).

En 1961 Steiner propuso el concepto de solución nutritiva universal. Esta solución nutritiva clasifica a los nutrimentos según su carga eléctrica, los aniones considerados son el fosfato (H_2PO_4^-), el nitrato (NO_3^-) y el sulfato ($\text{SO}_4^{=}$), mientras los cationes considerados son potasio (K^+), calcio (Ca^{++}) y magnesio (Mg^{++}) (Castellanos, 2009). Steiner indica que el uso de su solución nutritiva universal demanda únicamente que se determine la presión osmótica requerida para un cultivo en particular en una cierta época del año, las relaciones mutuas entre los iones en la Solución Nutritiva Universal de Steiner en porcentaje del total de mM·l⁻¹ es de 60:5:35 para NO_3^- : H_2PO_4^- : SO_2^- y 35:45:20 para K^+ : Ca^{2+} : Mg^{2+} (Steiner 1968).

Ferreyra et al. (2005) mencionan ciertas ventajas del uso del fertirriego con respecto al abonado tradicional:

- Los fertilizantes se localizan en forma homogénea en el área donde se desarrollan las raíces.
- La fertirrigación con fósforo y potasio puede alcanzar una profundidad de 50-60 cm, lo que facilita una mejor absorción por las plantas.
- Los fertilizantes se suministran a la planta conforme a sus necesidades en las distintas etapas de su desarrollo.
- Cuando aparecen síntomas carenciales se puede actuar con mucha rapidez para corregirlos.
- Reducción de pérdidas por lavado y volatilización.
- Mejor aprovechamiento de los fertilizantes por los cultivos, suponiendo un ahorro que puede alcanzar el 30%.
- Menor costo de aplicación de los elementos nutritivos, aunque necesita una fuerte inversión en implementación del equipo.

- Menor uso de maquinaria y, por ende, menor compactación del suelo.

2.6.3. Fertilización foliar

Se define como fertilización foliar a la aplicación de fertilizantes líquidos o polvos solubles en agua en las partes aéreas de las plantas, la investigación ha demostrado que las plantas se pueden alimentar por la vía foliar y que es la forma más eficiente de corrección de deficiencias (Microfertisa, 1992). El proceso por el cual es aprovechada incluye adsorción en la superficie de la hoja, penetración cuticular, adsorción y absorción en los compartimentos celulares metabólicamente activos en la hoja y, finalmente, el desplazamiento y la utilización de los nutrientes absorbidos por la planta (Fernandez et al., 2015). La aplicación foliar es un adecuado método para abastecer los requerimientos de los micronutrientes, así como para suplementar parte de los requerimientos de macronutrientes requeridos en los períodos de estado de crecimiento críticos del cultivo (Venegas, s/f). La fertilización foliar debe ser específica, de acuerdo con el propósito y el problema nutricional que se quiera resolver o corregir en los cultivos.

Se han realizado trabajos de fertilización foliar que han demostrado su eficacia en la respuesta positiva de los cultivos;

Pérez (1988) reportó un incremento el rendimiento promedio de 17.7 % al aplicar tres aspersiones de NPK de forma foliar a partir de una fórmula con 21 % de N, 3 % de P, 3 % de K, y 26.7 % más de elementos menores, tal parece que los fertilizantes foliares que llevan una solución nutritiva completa influyen más en el incremento global de rendimiento de un cultivo que cuando se aplican sólo 2 ó 3 nutrimentos.

Mientras tanto Pérez et al. (2017) midió el rendimiento y calidad de tomate en hidroponía bajo condiciones de invernadero obteniendo que las aplicaciones foliares enriquecidas con potasio incrementan el rendimiento y la calidad del fruto.

El potencial para fertilizar plantas con aspersion foliar ha sido reconocido por muchos años; sin embargo, no es una forma absoluta de nutrición de las plantas

sino más bien un complemento a la alimentación de las raíces (Dehnavard et al., 2016).

2.7. LOS AMINOÁCIDOS EN LAS PLANTAS

Los aminoácidos son moléculas componentes de péptidos y proteínas de gran importancia producidos por las plantas (INTAGRI, 2018), desarrollan funciones estructurales (como componentes de las paredes celulares), enzimáticas (muchos procesos bioquímicos son catalizados por proteínas) y hormonales (Arriaga, 2006), por lo que su participación a lo largo de toda la vida de la planta es crítica y necesaria (TRADECORP, s/f).

Las plantas sintetizan los aminoácidos a través de reacciones enzimáticas, donde se producen aminoácidos a partir de sales de amonio absorbidas del suelo y ácidos orgánicos producto de la fotosíntesis. El disponer de una disolución que contenga un elevado contenido de aminoácidos libres provoca que la planta lleve a cabo la síntesis de proteínas, de esta forma, al aportar directamente los aminoácidos a la planta se favorece la síntesis de proteínas y se ahorra la energía que necesita la planta para elaborarlos (Espasa, 2003).

Las proteínas están formadas por una o más cadenas polipeptídicas y normalmente cada una de ellas está formada por cientos de aminoácidos. El tamaño y composición de cada proteína dependen del número y tipo de subunidades de aminoácidos, habitualmente están presentes entre 18 y 20 tipos diferentes de aminoácidos, aunque la mayoría de las proteínas poseen 20 (Salisbury & Ross, 2000) (Tabla 6).

Tabla 6. Aminoácidos presentes en la mayoría de las proteínas

Categoría	Aminoácido	Peso molecular (g mol ⁻¹)
Aminoácidos alifáticos	Glicina	75.1
	Alanina	89.1
	Valina	117.1
	Leucina	131.2
	Isoleucina	131.2
Aminoácidos	Arginina	174.2
	Lisina	146.2
Aminoácidos ácidos	Ácido aspártico	133.1
	Ácido glutámico	147.1
	Asparagina	132.1
	Glutamina	146.2
Aminoácidos azufrados	Cisteína	121.3
	Metionina	149.2
Aminoácidos hidroxilados	Serina	105.1
Aminoácidos heterocíclicos	Treonina	119.1
	Prolina	115.1
	Triptófano	204.2
Aminoácidos aromáticos	Histidina	155.2
	Tirosina	181.2
	Felilalanina	165.2

Elaborado con información de Salisbury & Ross (2000), Fisiología de las plantas 2. Bioquímica vegetal.

2.7.1. Aplicación de aminoácidos en las plantas

Los aminoácidos son las sustancias más difíciles de producir por la planta e intervienen en diversos procesos, principalmente en la recuperación de vegetales que han estado sometidos bajo algún tipo de estrés, ya que cuando una planta se encuentra en este estado evita producir estas sustancias que consumen altas cantidades de energía y las concentra en los puntos que necesita por medio del floema (INTAGRI, 2018). Bajo este principio, en la actualidad se aplican aminoácidos estructurales cuando se desea ayudar a la planta en momentos críticos de desarrollo, tales como la formación de raíz, floración, llenado del fruto, la asimilación de nutrientes, principalmente del potasio, entre otros (Méndez, 2013). Esto es por la acción indirecta de los aminoácidos, ya que son los componentes básicos de las proteínas y estas intervienen en la formación de los tejidos de

soporte, membranas de las células que llevan a cabo numerosos y vitales procesos internos de las plantas (Guerrero, 2006).

Los productos comerciales a base de aminoácidos conocidos en su mayoría, como bioestimulantes, son recomendados para usarse en diferentes situaciones (INTAGRI, 2018):

Fotosíntesis: Mejoran la producción de clorofila, lo cual promueve el proceso de fotosíntesis y genera mayores foto-asimilados, también aumentan la cantidad de clorofila en las hojas y por consecuencia la eficiencia en la luz aprovechada.

Salinidad: Actúan reteniendo agua ante una alta concentración de sales en la célula, además ayudan a la absorción de agua incrementando la presión negativa del xilema aún en suelos salinos.

Absorción de nutrientes: Se ha comprobado que los aminoácidos mejoran la absorción de agua y nutrientes debido a que tienen una acción de acompañamiento con nutrientes.

Crecimiento radical: Estimula el microbiota benéfico del suelo que a su vez favorece el proceso de formación de raíces y promueve el crecimiento.

Polinización: Los aminoácidos ayudan a la formación del polen, logrando aumentar el potencial de germinación y la elongación del tubo polínico, lo cual aumenta a su vez el cuajado de frutos.

Reservorios de nutrientes: los aminoácidos pueden actuar como reservas de nutrientes; tal es el caso de L-arginina y el ácido L-glutámico que funcionan como una reserva de nitrógeno en las plantas, pero además puede transformarse en otros aminoácidos por medio de la enzima transaminasa, razón por la cual se considera un aminoácido multifuncional que por diferentes rutas cubre las necesidades de la planta.

Arriaga (2006) menciona que las plantas pueden absorber los aminoácidos por medio de las raíces, no obstante se ha comprobado que en aplicaciones foliares es más eficiente a corto plazo, ya que permite realizar la translocación directamente en las hojas y distribuirlas al resto de la planta, el uso de aminoácidos en fertilización foliar es relativamente reciente y hoy en día las casas de agroquímicos ofrecen una gran cantidad de productos integrando paquetes tecnológicos dirigidos a un cultivo, con los que buscan obtener un máximo potencial en el rendimiento ahorrando la energía que la planta invierte en producirlos de forma natural; sin embargo, se han realizado varias investigaciones en las cuales se pueden observar diferentes respuestas a la aplicación de estos productos.

En 2018, Campozano evaluó los efectos de los aminoácidos aplicados al suelo y follaje sobre el desarrollo y producción en el cultivo de arroz bajo riego, obteniendo resultados positivos en el rendimiento, especialmente con aplicaciones dirigidas al follaje, favoreciendo algunas variables como altura de planta, días a floración, días a cosecha y relación granos paja.

Peres y Menezes, (2019) mencionan que la aplicación foliar de productos a base de aminoácidos es altamente viable, en su investigación evaluaron la productividad de berenjena esmeralda con aplicaciones foliares de fertilizante con aminoácidos, observando en sus resultados un alto incremento en la productividad; por otro lado, en el año 2017, Sánchez y Eduardo obtuvieron resultados similares evaluando el efecto de la aplicación de fertilizante con aminoácidos, en la productividad y calidad de los frutos del tomate en cultivo protegido, obteniendo una respuesta positiva por parte del producto ya que generó frutos más pesados, lóculos bien llenos, espesor interno de la pared superior y plantas menos estresadas a lo largo del ciclo.

2.8. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN TOMATE

Los componentes de rendimiento son los que, al cambiar, producen una variación directamente proporcional en el rendimiento final (Gaspar, s/f).

Wereing y Patrick (1975) citados por Santiago et al. (1998) menciona que para poder analizar el rendimiento de una planta es necesario el estudio de sus componentes por separado, tomando en cuenta la relación que estos presentan con el producto obtenido; para el caso del tomate, el rendimiento está influenciado directamente con el número de frutos por planta y el peso de fruto, sin embargo, la cantidad de frutos cosechados de cada planta está determinado por el número de flores que son fecundadas y alcanzan a desarrollarse en fruto y, estos a su vez están en función de los nutrientes que puedan aportar las hojas y tallos, concluyendo que dichos componentes del rendimiento involucran procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento vegetativo y reproductivo, fuertemente influenciados por la relación fuente-demanda en diferentes fases del ciclo de vida de la planta.

Los componentes de rendimiento en tomate pueden ser (Gaspar, s/f):

- Número de plantas por hectárea.
- Número de hojas por planta.
- Número de racimos por planta.
- Número de flores por racimo.
- Número de frutos cuajados por racimo.
- Duración del ciclo productivo.

Cualquiera de estos componentes puede ser modificado por distintos factores, pero está claro que mientras mayor cantidad de estos sean potenciados dentro de ciertos límites, mayor será el rendimiento final obtenido. Los componentes que más inciden sobre el rendimiento final y que al mismo tiempo son los que pueden mejorarse con un adecuado manejo nutricional son la materia seca de hojas, el número de flores por racimo y el número de frutos cuajados (Gaspar, s/f).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo se realizó en el Invernadero de Docencia e Investigación en Agricultura Protegida (IDIAP) de la FES-Cuautitlán/UNAM, que se ubica en el municipio de Cuautitlán Izcalli, en el Estado de México, a los 19°38'38" N y longitud de 99°12.959' O, con una altitud promedio de 2252 msnm, la zona presenta un clima templado, siendo enero el mes más frío y junio el mes más caliente con una temperatura media anual de 15.2 °C.

El IDIAP (Figura 1) es un invernadero tipo gótico con ventana cenital y cubierta de polietileno tricapa de color blanco lechoso calibre 700, con una superficie de alrededor de 500 m², cuenta con sistema de riego por goteo, así como un sistema de inyección de fertilizante, el control del clima se lleva a cabo por medio de la apertura y cierre de ventanas laterales y cenitales y con ayuda de dos extractores ubicados en la cumbrera del lado sur del invernadero.



Figura 1. *Invernadero de Docencia e Investigación en Agricultura Protegida (IDIAP)*

En los últimos años se ha establecido el cultivo de tomate rojo de diferentes variedades, en bolsa de polietileno de color negro, con una mezcla de sustratos de tezontle, tierra negra y tierra del lugar, en relación 1:1:1, colocando malla groundcover para el control de malezas dentro de la infraestructura. Cabe mencionar que, aunque el invernadero tiene una orientación adecuada (Norte-Sur),

presenta variaciones de temperatura y humedad dentro del mismo, debido principalmente a la presencia de árboles, maleza y zonas de encharcamiento de agua en los alrededores.

3.2. MATERIAL VEGETATIVO

Se establecieron 768 plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tipo saladette, de crecimiento indeterminado variedad Cid F1. En la Tabla 7 se detallan las características del híbrido.

Tabla 7. Características del híbrido “El Cid F1” de Harris Moran seed company

Característica	Variedad CID F1
Madurez relativa	Precoz
Tipo de planta	Saladette indeterminado
Estructura de la planta	Vigorosa
Tamaño del fruto	L-XL
Color del fruto	Rojo intenso
Vida de anaquel	Larga
Firmeza	Paredes gruesas que le brindan una excelente firmeza
Resistencia	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Lycopersici</i> razas 1,2. <i>Meloidogyne arenaria</i> , <i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Meloidogyne javanica</i> <i>Verticilium albo-atrum</i> , <i>Verticilium dahliae</i> raza 1 Virus del mosaico del tomate

Elaboración propia con información de Harris Moran, s/f, Ficha técnica EL CID F1.

Las plántulas obtenidas fueron sembradas en bolsas negras de 25 cm de diámetro con sustrato previamente desinfectado, con un marco de plantación de 4 plantas por metro cuadrado.

3.2.1. Materiales

Para realizar la aplicación de aminoácidos y fertilizante foliar se usó una mochila aspersora manual de 20 Lts.

La medición de la altura de la planta se realizó usando una regla, después de los 25 cm de altura se comenzó a utilizar un flexómetro. El diámetro polar y ecuatorial fue con el uso de vernier, mientras que para el peso de los frutos se utilizó una balanza gramera portátil digital.



Figura 2. Identificación de las unidades experimentales por tratamiento

3.2.2. Solución nutritiva

La solución nutrimental utilizada fue Steiner modificada, cambiando las concentraciones de acuerdo con la etapa vegetativa (Tabla 8). Se realizaron 8 riegos de 3 min cada hora, desde las 9:00hrs hasta las 16:00hrs Regando únicamente con agua el primer y último riego (el riego de las 9:00hrs y el riego de las 16:00hrs).

Tabla 8. Solución nutrimental durante etapa vegetativa y reproductiva

Nutriente	Cantidad g/L	
	Etapa vegetativa	Etapa reproductiva
KNO_3	0.202	0.202
$Ca(NO_3)_2$	0.328	0.164
K_2SO_4	0.174	0.135
$CaSO_4$	0.136	0.232

NH₄NO₃	0.16	-
MgSO₄ 7H₂O	0.185	0.216
K₂PO₄	0.174	-
FeSO₄	0.0138745	0.0138745
CuSO₄	0.007694	0.007694
ZnSO₄	0.0089005	0.0089001
MnSO₄	0.009416	0.009416
(NH₄)₆Mo₇ O₂₄	0.0001235	0.0001235
H₃BO₃	0.002942	0.002942
H₃PO₄	-	0.053 ml
NH₄NO₃	0.08	0.08

3.2.3. Fertilizante foliar

Se utilizó el fertilizante foliar GrowdFeed creado por la empresa mexicana Biochem Systems S.A. de C.V. con una formulación que incluye macro y microelementos (Tabla 9).

Tabla 9. Composición del fertilizante inorgánico sólido GrowdFeed

Composición (%)	
Nitrogeno (N)	20%
Fosforo (P ₂ O ₅)	30%
Potasio (K ₂ O)	10%
Fierro (Fe)	0.120%
Manganeso (Mn)	0.080%
Zinc (Zn)	0.100%
Cobre (Cu)	0.060%
Molibdeno (Mo)	0.001%
Boro (B)	0.050%
Calcio (Ca)	0.100%
Magnesio (Mg)	0.030%
Cobalto (Co)	0.002%
Azufre (S)	0.050%
Auxinas	0.0020%
Giberelinas	0.002%

Elaboración propia con información de Biochem, s/f.

3.2.4. Aminoácidos

Se utilizó Fast bioactivador 17 aminoácidos (Tabla 10) creado por Agro Santa Fé.

Tabla 10. Composición de Fast bioactivador 17 aminoácidos

Composición (%)	
Aminoácidos	60%
Nitrogeno (N)	12%

Elaboración propia con datos de Agro Santa Fé, 2019.

3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS TRATAMIENTOS

3.3.1. Tratamientos evaluados

Para la elaboración de esta investigación se usaron cuatro tratamientos de fertilización (Tabla 11). En la Tabla 12 se muestran las dosis usadas en cada aplicación de acuerdo con la época de crecimiento. Cabe mencionar que en todos los tratamientos se mantuvo constante la aplicación de solución nutritiva.

Tabla 11. Tratamientos evaluados

Tratamientos	
T1	Testigo (Únicamente solución nutritiva)
T2	Solución nutritiva + Fertilizante foliar
T3	Solución nutritiva + Aminoácidos
T4	Solución nutritiva + Fertilizante foliar + Aminoácidos

Tabla 12. Dosis empleadas en los tratamientos evaluados

	Dosis recomendada	Dosis aplicada (g/lt)	Época de aplicación recomendada
Aminoácidos	350 g/ha	1.75 g/lt	Durante los primeros estadios
GroundFeed	1kg/ha	5 g/lt	Al inicio de la floración y comienzo de la fructificación

3.3.2. Aplicaciones

Se realizaron 4 aplicaciones con 14 días de diferencia entre cada una de ellas (Tabla 13).

Tabla 13. Calendario de medición y aplicación de tratamientos

Fecha	Nº de aplicación	Nº de medida
2 de septiembre		1ª Medición
5 de septiembre	1ª Aplicación	
9 de septiembre		2ª Medición
17 de septiembre		3ª Medición
19 de septiembre	2ª Aplicación	
23 de septiembre		4ª Medición
30 de septiembre		5ª Medición
3 de octubre	3ª Aplicación	
8 de octubre		6º Medición
14 de octubre		7º Medición
17 de octubre	4ª Aplicación	
21 de octubre		8ª Medición
28 de octubre		9º Medición

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la evaluación del experimento se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y dieciséis repeticiones, obteniendo un total de 64 unidades experimentales. Doce plantas conforman cada una de las unidades experimentales, de las cuales se seleccionaron dos ubicadas en el centro, destinadas para tomar medidas de las variables evaluadas siendo el factor de bloqueo la ubicación en la que se encuentra la planta. Considerando el efecto de la distribución del ensayo dentro del invernadero, la distribución de los tratamientos se realizó de forma aleatoria en cada una de las repeticiones, los tratamientos fueron aplicados como lo muestra la Figura 3.

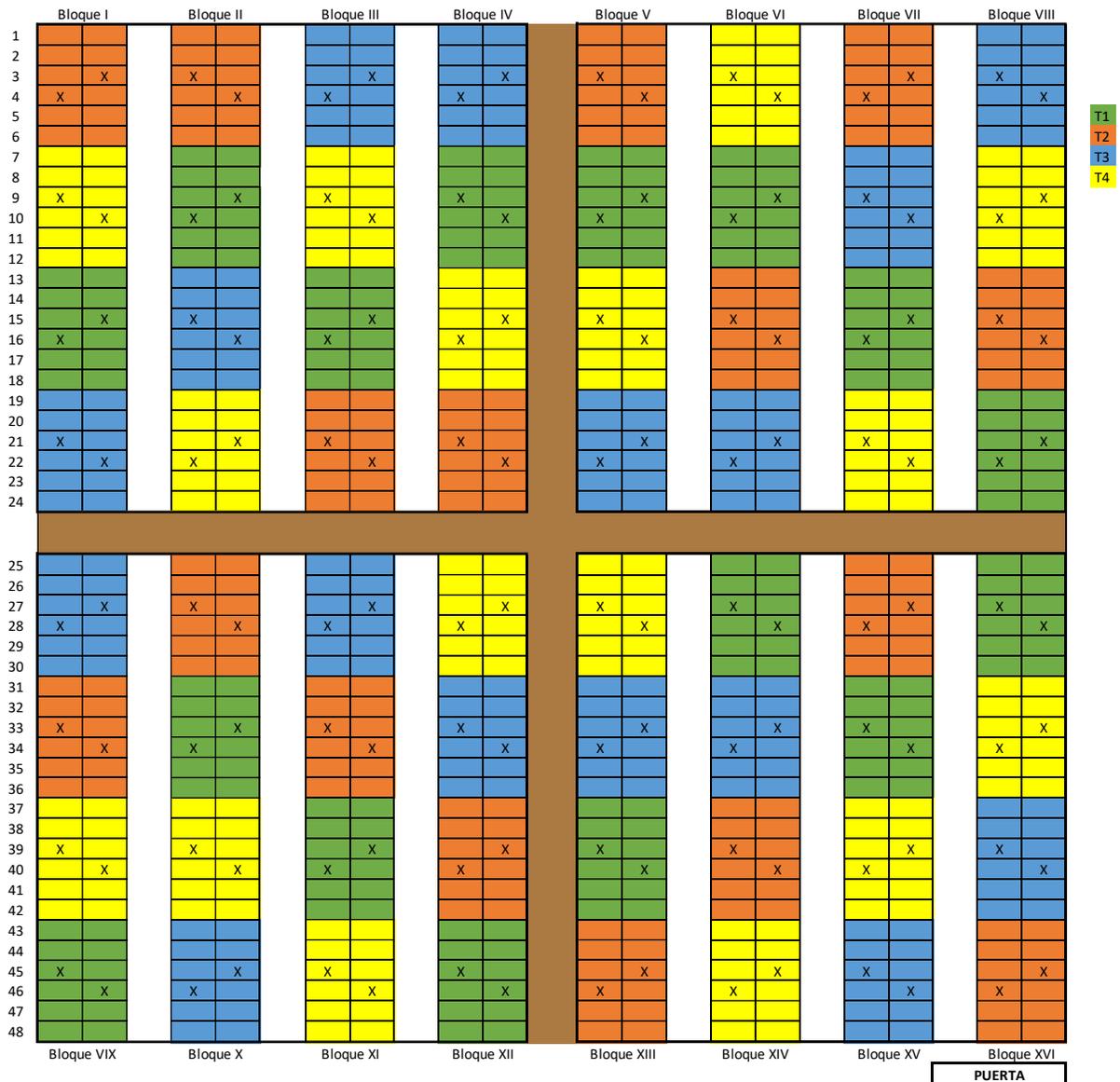


Figura 3. Disposición de tratamientos dentro del invernadero

Elaboración propia (X= Plantas evaluadas)

3.5. PARÁMETROS EVALUADOS

Se realizó una evaluación cada 7 días durante 8 semanas, considerando altura de la planta, número de hojas, flores y frutos. Al comenzar la primera cosecha se

dejaron de tomar en cuenta las variables anteriores y se comenzó a medir el peso del fruto por racimo, diámetro polar y diámetro ecuatorial del fruto.

Nº de hojas

Se contabilizó el número de hojas completamente formadas en las plantas de tomate rojo.

Altura de planta

Las primeras dos evaluaciones la altura fue medida con una regla las posteriores con ayuda de un flexómetro expresado en cm.

Rendimiento

El rendimiento fue un valor único que se obtuvo tomando el peso en gramos de todos los frutos cosechados al largo del experimento y para cada uno de los tratamientos

Peso de frutos

Para el peso de frutos se usó una báscula gramera digital, en la cual se fue pesando fruto por fruto al momento de la cosecha expresado en gramos.

Diámetro ecuatorial y polar del fruto

El diámetro del fruto se obtuvo con ayuda de un vernier. Tomando la medida en la parte polar y ecuatorial del fruto. Los resultados fueron registrados al momento de la cosecha.

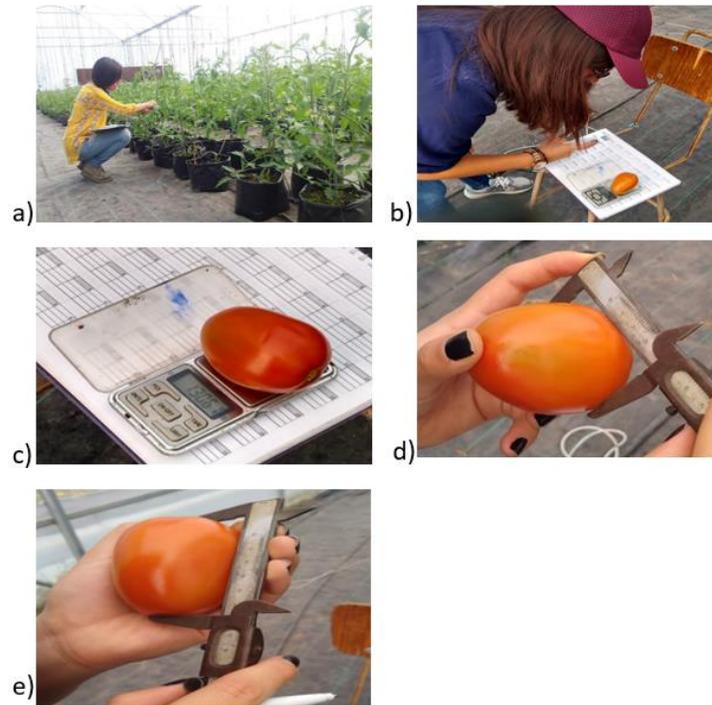


Figura 4. Medición de variables

a) altura de la planta y número de hojas, b) y c) peso de frutos, d) diámetro ecuatorial, e) diámetro polar.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. NÚMERO DE HOJAS

Este parámetro es importante en cualquier cultivo ya que las funciones primordiales de las hojas son la fotosíntesis, la respiración y la transpiración, las cuales en consecuencia permitirán una mayor producción y acumulación de biomasa.

Para esta variable no hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos ($P > 0.05$).

En la figura 5 se observa que el tratamiento solución nutritiva + fertilizante foliar (T2) obtuvo la media más favorable, este resultado se adjudica al contenido de giberelinas en el fertilizante foliar, las cuales son asociadas a la expansión foliar

(Ueguchi-Tanaka et al., 2007 citado por Melgarejo, 2010); por otro lado, el tratamiento solución nutritiva + fertilizante foliar + aminoácidos (T4) y el tratamiento con solución nutritiva + aminoácidos (T3) presentan medias iguales e incluso menores que el testigo.

De acuerdo a estos resultados, se interpreta que la aplicación de aminoácidos no es favorable para aumentar el número de hojas y que al combinarlo con fertilizante foliar, este no puede ejercer sus propiedades en el cultivo bajo las condiciones impuestas en el presente trabajo, caso contrario a lo que reporta Méndez (2013), donde los aminoácidos aplicados por vía foliar provocaron un incremento en el número de hojas en el cultivo de calabacita zucchini en comparación al testigo en condiciones de estrés hídrico y en una etapa avanzada del crecimiento. La diferencia entre estos resultados se debe a las condiciones ambientales en donde un cultivo se enfrentó a estrés y el otro estuvo en un ambiente controlado.

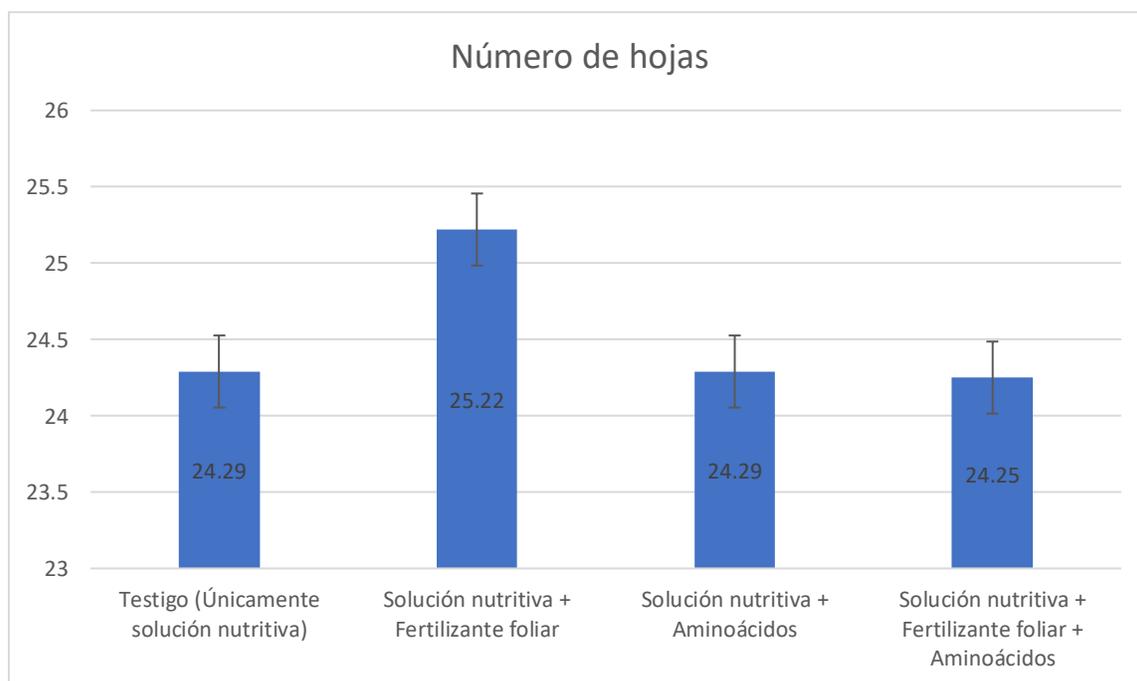


Figura 5. Número de hojas promedio por tratamiento

Durante el lapso entre aplicaciones, se notó un incremento de una hoja para el tratamiento solución nutritiva + aminoácidos (T3) después de la segunda aplicación, siendo este tratamiento el que tuvo una respuesta más rápida. Por otra parte, el tratamiento solución nutritiva + Fertilizante foliar (T2) sobresalió después de la tercera aplicación alcanzando el mayor número de hojas (Figura 6).

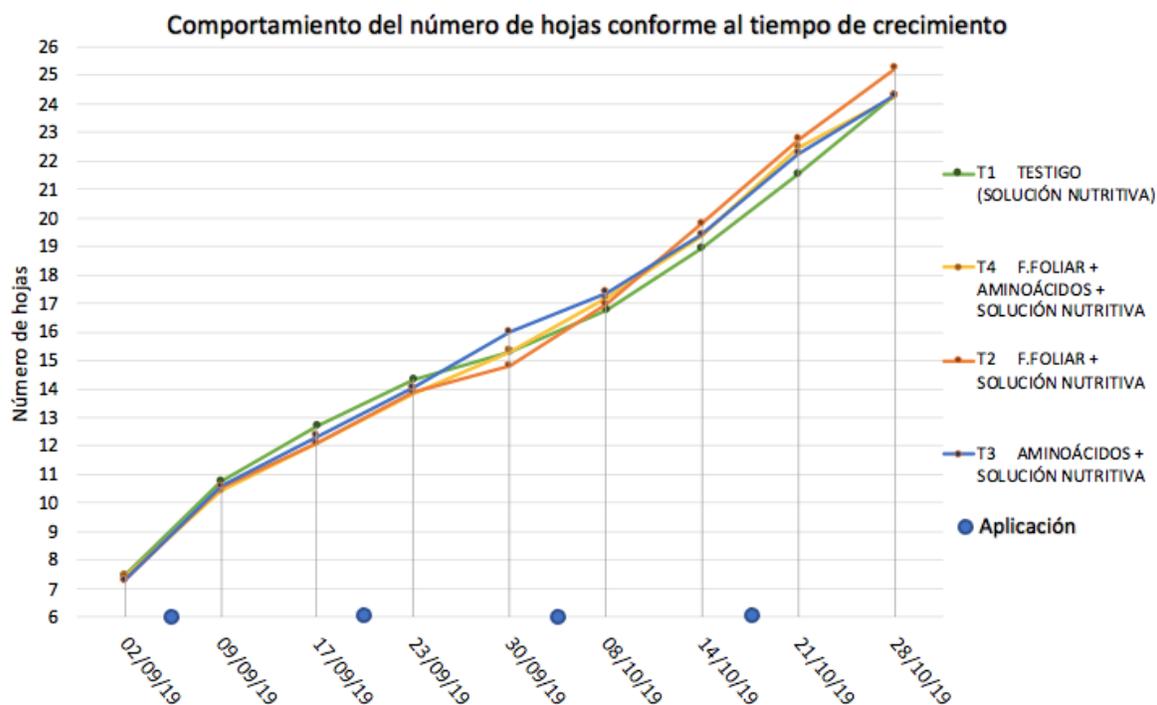


Figura 6. Comportamiento del número de hojas de la planta de tomate rojo conforme al tiempo

4.2. ALTURA DE LA PLANTA

El análisis de varianza ($P > 0.05$) muestra que para la variable altura de planta no hubo diferencia significativa entre tratamientos.

Para esta variable al igual que para número de hojas el tratamiento con solución nutritiva + fertilizante foliar (T2) fue el que obtuvo la media más alta con 198.35 cm (Figura 7), este resultado se atribuye a que el fertilizante foliar contiene auxinas y giberelinas, fitohormonas asociadas con la elongación y crecimiento del tallo (McSteen & Zhao, 2008 citado por Melgarejo, 2010).

El tratamiento con la media con menor aumento en la altura (179.92 cm) fue el tratamiento que contenía solución nutritiva + aminoácidos (T3) resultado contrario al obtenido por Campozano (2018) en la evaluación de aminoácidos aplicados al suelo y al follaje sobre el desarrollo del cultivo de arroz, encontrando resultados favorables con respecto al testigo, recalcando que obtuvo una mayor altura aplicando aminoácidos al suelo en lugar de una aplicación foliar, otro autor quien también reportó resultados favorables para esta variable fue Carchi (2016) ya que reportó alta significancia estadística en la evaluación de tres aminoácidos en cultivo de arroz a cielo abierto con respecto al testigo.

La variación en los resultados puede ser debido a la diferencia de cultivos en las que se ha evaluado la variable, la forma de aplicación y que el establecimiento del cultivo usado por los autores Carchi (2016) y Campozano (2018) fue a cielo abierto, donde se pueden presentar mayores condiciones de estrés para las plantas.

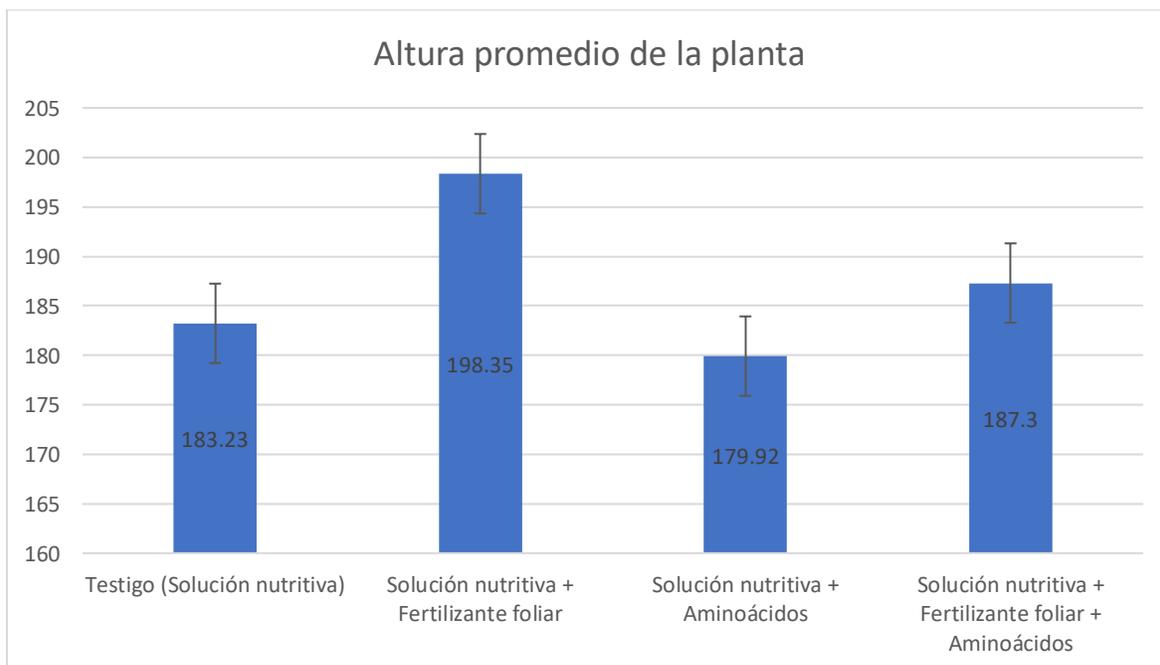


Figura 7. Altura promedio de la planta por tratamiento

En la Figura 8 se muestra cómo se fue comportando la altura promedio durante las evaluaciones para cada tratamiento, después de la segunda aplicación el tratamiento con solución nutritiva + aminoácidos + fertilizante foliar (T4) tuvo un crecimiento mayor a los demás, sin embargo, después de la tercera aplicación el tratamiento con solución nutritiva + fertilizante foliar (T2) lo supero siendo hasta el final de las evaluaciones el tratamiento con la media más alta.

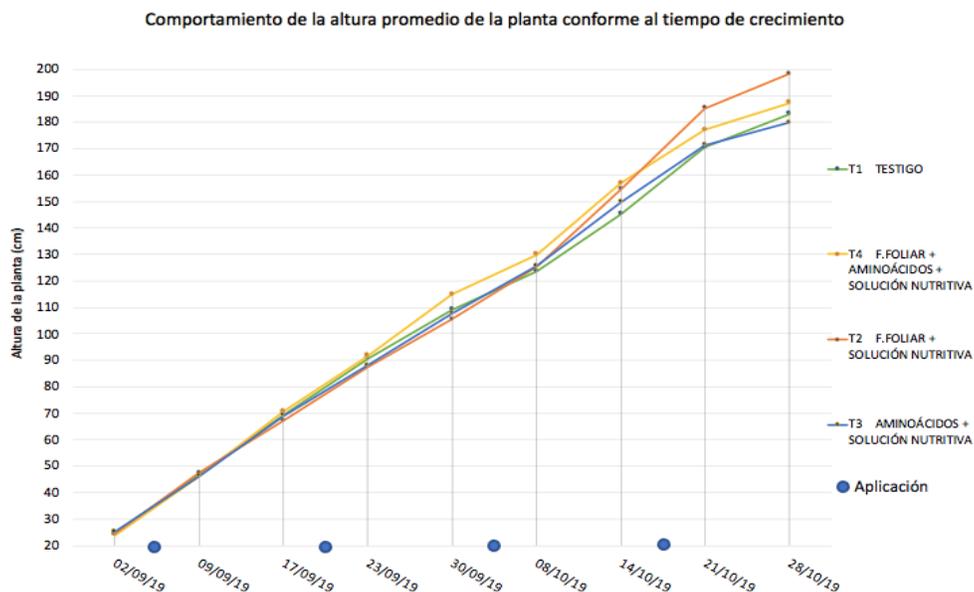


Figura 8. Comportamiento de la altura de la planta de tomate rojo conforme al tiempo

A pesar de que el tratamiento solución nutritiva + aminoácidos + fertilizante foliar (T4) no obtuvo la altura más alta al final de las evaluaciones, si fue el tratamiento con la altura más alta durante seis semanas, siendo un resultado más favorable que el obtenido en la variable número de hojas, donde no fue sobresaliente en ninguna de las evaluaciones.

4.3. PESO DE FRUTOS

En esta variable no se tuvo diferencia significativa entre tratamientos. A pesar de esto, el peso promedio con mejores resultados se obtuvo con el tratamiento solución nutritiva + fertilizante foliar (T2) mientras que la solución nutritiva + aminoácidos (T3)

y Solución nutritiva + Fertilizante foliar + aminoácidos (T4) obtuvieron resultados similares al testigo (Figura 9).

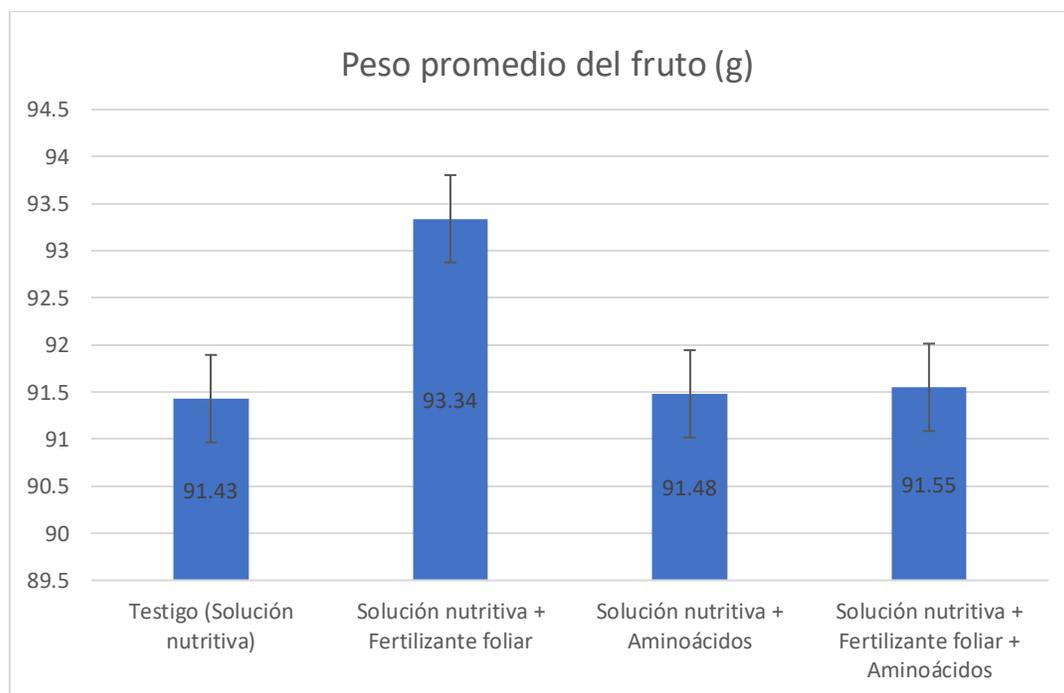


Figura 9. Peso promedio del fruto

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Bayona (2018) en cultivo de ejote y Méndez (2013) en el cultivo de calabacita zucchini donde se aplicaron aminoácidos por vía foliar y al igual que en el presente trabajo no encontraron una respuesta significativa en el peso del fruto.

4.4. DIÁMETRO ECUATORIAL

Los tratamientos obtuvieron medias similares (Figura 10) por una mínima excepción en el tratamiento solución nutritiva + fertilizante foliar + aminoácidos (T4) el cual por décimas es el de la menor media, aunque no hubo diferencia estadística significativa entre tratamientos y bloques.

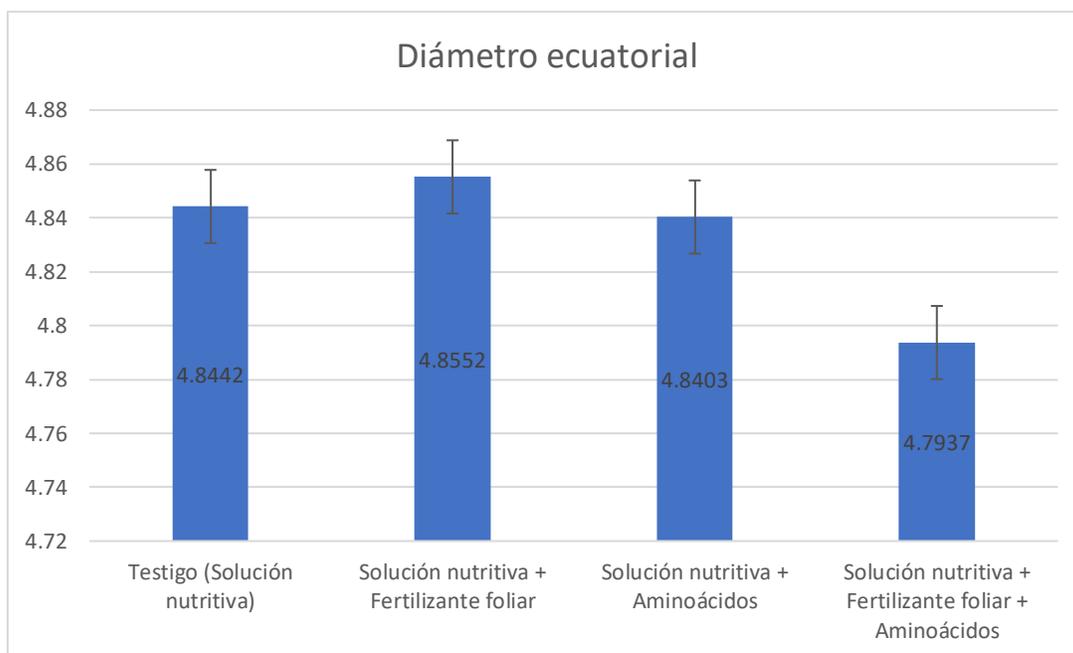


Figura 10. Diámetro ecuatorial promedio

4.5. DIÁMETRO POLAR

Se encontró diferencia estadística significativa entre tratamientos para el diámetro polar según el ANOVA y la prueba de medias por el método de tukey 95 %.

De acuerdo con la prueba de medias el tratamiento solución nutritiva + Fertilizante foliar + Aminoácidos (T4) alcanzó un 3.3% de crecimiento a comparación del tratamiento solución nutritiva + aminoácidos (T3). Siendo estos tratamientos estadísticamente diferentes entre sí.

Mientras tanto los tratamientos solución nutritiva + fertilizante foliar (T2) y el testigo (T1) permanecen en el mismo grupo (Figura 11).

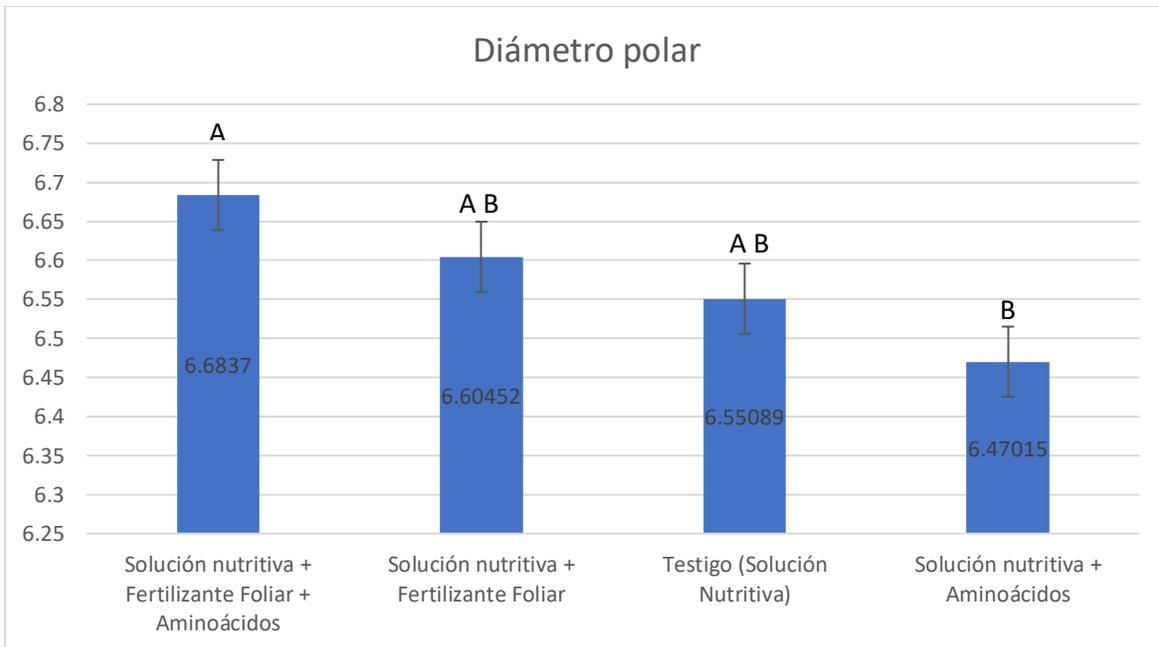


Figura 11. Diámetro polar promedio

De acuerdo con los resultados, el uso de aminoácidos no incrementa el diámetro polar ya que el resultado es aún menor que el testigo; sin embargo, al agregar fertilizante foliar se vio un resultado favorable. Caso contrario a lo reportado por Bayona (2018), donde obtuvo un aumento en la longitud en el cultivo de ejote (*Phaseolus vulgaris* L.) con el uso de solamente aminoácidos comerciales.

Estos resultados pueden explicarse por el fertilizante foliar ya que contiene auxinas que ayudaron al crecimiento del diámetro polar. Existe una teoría que plantea que las auxinas producidas por las semillas o por los tejidos circundantes a ellas, sirven para acelerar el crecimiento del fruto por expansión celular (Gillaspy et al., 1993, citado por Serrani, 2008) al combinarlos con los aminoácidos tuvieron una respuesta positiva. Una de las funciones de los aminoácidos es ser precursores hormonales (favorecen la síntesis de hormonas vegetales en la planta), además ayudan en la absorción de nutrientes y pueden actuar como reservorio de nutrientes. (INTAGRI, 2018) De esta manera los nutrientes y fitohormonas que aporta el fertilizante foliar

y la solución nutritiva fueran mejor aprovechadas por la planta lo cual se reflejó en el crecimiento del diámetro polar.

4.6. RENDIMIENTO

Para esta variable no hubo diferencia estadísticamente significativa. En la Figura 12 se puede observar que los tratamientos Solución nutritiva + aminoácidos (T3) y Solución nutritiva + fertilizante foliar (T2) obtuvieron resultados menores que el testigo, mostrando que ninguno de los dos incrementa el rendimiento del tomate rojo bajo las condiciones del presente trabajo, por otra parte, el tratamiento Solución nutritiva + fertilizante foliar + aminoácidos (T4) obtuvo resultados más favorables.

Esto nos muestra que, para incrementar el rendimiento, el uso de aminoácidos combinado con el fertilizante foliar a diferencia de lo observado en la variable número de hojas, altura de la planta, peso del fruto y diámetro ecuatorial si muestra un incremento en las propiedades del fertilizante foliar.

Usando solución nutritiva + aminoácidos + fertilizante foliar (T4) se obtiene un fruto alargado con un peso promedio de 91.55 gr y un rendimiento de 4.34 kg/m². Mientras que con el uso de solución nutritiva + aminoácidos (T3) y solución nutritiva+ fertilizante foliar (T2) se obtiene un fruto más ancho con un menor rendimiento.

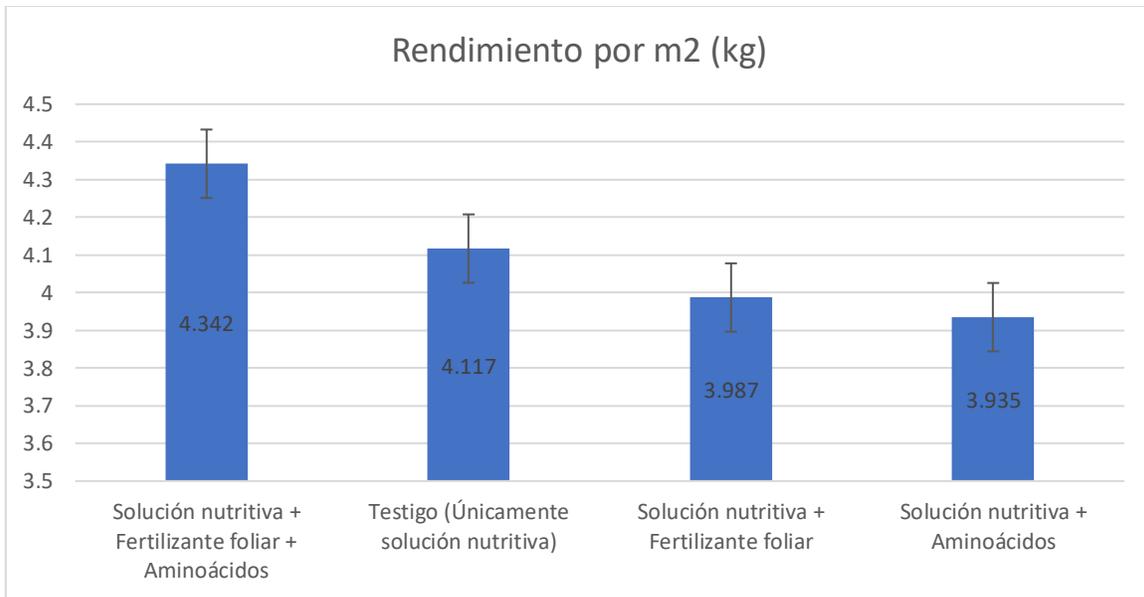


Figura 12. Rendimiento del tomate rojo por tratamiento

V. CONCLUSIONES

El uso de solución nutritiva + fertilizante foliar (T2) incrementa las variables número de hojas, altura de la planta y peso del fruto, pero no incrementa el rendimiento.

La aplicación de solución nutritiva + aminoácidos (T3) no beneficia las variables altura de la planta, diámetro polar, número de hojas y rendimiento, observándose resultados menores o iguales al testigo.

El tratamiento solución nutritiva + aminoácidos + fertilizante foliar (T4) aumento significativamente el diámetro polar y fue el tratamiento que mostro mayor rendimiento, sin embargo, no favorece las variables número de hojas, peso del fruto y diámetro ecuatorial.

El uso de fertilizante foliar más aminoácidos es estadísticamente favorable en el aumento del diámetro polar mientras que para los tratamientos restantes no se tuvo diferencia significativa.

El manejo más adecuado es el uso de fertilizante foliar combinado con aminoácidos, ya que se obtienen frutos alargados característicos de la variedad con un mejor rendimiento a comparación del uso de aminoácidos o fertilizante foliar por separado.

Los aminoácidos desarrollan mejor sus funciones en condiciones de estrés. Bajo condiciones de invernadero solo potencializaron las funciones del fertilizante foliar en las variables diámetro polar y rendimiento.

VI REFERENCIAS

Abad, B. & Noguera, P. (1998). Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. En C. Cadahia López (ed.). Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales (pp. 282-354). Madrid, España: Mundi-Prensa.

Agro Santa Fé. (2019). Nuestros productos Fast Aminoácidos. Recuperado el 24 de abril de 2023, de <https://agrosantafe.mx/productos/>

Arriaga, D. (2006). Efectividad Biológica de dos Aminoácidos en la Calidad de Plántula de Chile Pimiento Morrón cv. "Capistrano". Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en Irrigación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro División de Ingeniería. Coahuila, México.

Bayona, C.A. (2018). Aminoácidos en el Rendimiento y Calidad de la Vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) Cv. Jade Bajo Condiciones del Valle de Cañete. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria la Molina Facultad de Agronomía. Lima, Perú.

Betancourt, P. & Pierre, F. (2013). Extracción de macronutrientes por el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill. Var. Alba) en casas de cultivo en Quíbor, Estado Lara. Recuperado el 11 de diciembre de 2023, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612013000300005

Biochem Crop System. (s/f). Ficha técnica GrowdFeed fertilizante foliar sólido 20-30-10. Recuperado el 22 de abril de 2022. Disponible en: http://www.sybrem.com.mx/adsnet/inventarios/productos_complemento/doc/301735Growd%20feed.pdf

Campozano, M. A. (2018). Evaluación de aminoácidos aplicados al suelo y follaje sobre el desarrollo y producción del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.), en la zona de Babahoyo, Los Ríos. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo Facultad de Ciencias Agropecuarias carrera de Ingeniería Agronómica. Babahoyo, Ecuador.

Carchi Fuentes, Cesar. (2016). Evaluación de tres aminoácidos con tres diferentes dosis en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

Castellanos, J. Z. (2009). Manual de producción de tomate en invernadero. Editorial INTAGRI. México.132-133. Recuperado el 16 de abril de 2023 de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/soluciones-nutritivas-para-cultivos-protegidos>

CENTA. (2018). Cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*), p 11-12. Recuperado el 23 de febrero de 2021 de http://centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Centa_Tomate%202019.pdf

Dehnavard, S., Souiri, M. K., & Mardanlu, S. (2016). Tomato growth responses to foliar application of ammonium sulfate in hydroponic culture. *Journal of Plant Nutrition*, 40(3), 315–323.

Díaz, I., Fueyo, O., Arrieta, A. (1999). *Horticultura: La fertilización del tomate*. Recuperado el 28 de noviembre del 2022 de <http://www.serida.org/pdfs/2054.pdf>

Díaz, T. y Hernández, D.A. (2003). Comportamiento de la germinación de las semillas tratadas con cloro (Cl) (en línea). Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova. Cuba. 63-66 p. Recuperado el 18 enero de 2022. Disponible en <http://www.utm.mx/temas/temas-docs/nota4t19.pdf>

EDIFORM. (2006). *VADIAGRO: Principales problemas fitosanitarios*. Tomo I. Curridabat, Costa Rica, Edifarm Internacional Costa Rica. 3 ed. 89-92, 193-212 p.

Espasa, R. (2003). *La fertilización foliar con aminoácidos*. *Horticultura Revista de Industria Distribución y Socio economía Hortícola*, ISSN: 1132-2950. Barcelona, España.

Fernández V., Sotiropoulos T., Brown P. (2015). *Fertilización Foliar: Principios Científicos y Práctica de Campo*. Paris, Francia. Recuperado el 16 de abril de 2023 de https://www.guiaverde.com/files/company/03032016122136_libro_2015_foliar_fertilizers_spanish_def.pdf

Ferreira E., Sellés V., Ahumada B., Maldonado B., Gil M., Pilar. (2005). *Manejo del riego localizado y fertirrigación*. La Cruz, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA No 126. 56 p. pag 29. Recuperado el 4 de marzo de 2021 de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/7050/NR32334.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FIRA. (2019). Panorama Agroalimentario Tomate Rojo. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. Pg 2 Recuperado el 28 de diciembre de 2021 de

<https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/06/Panorama-Agroalimentario-Tomate-rojo-2019.pdf>

Flores, J., Ojeda-Bustamante, W., López, I., Rojano, A., Salazar, I. (2007). Requerimientos de riego para tomate de invernadero Terra Latinoamericana, vol. 25, núm. 2, abril junio, 2007, pp. 127-134. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.

Gaspar, Luis. (s/f). Nutrición del cultivo de tomate para industria. Agroestrategias consultores. Rosario, Argentina. Recuperado el 18 de marzo de 2021 de <https://www.agroestrategias.com/pdf/Cultivos%20%20Fertilizacion%20de%20Tomate%20para%20Industria.pdf>

Gillaspy, G., Ben-David, H., Gruissem, W. (1993). Fruits: a developmental perspective. Plant Cell 5: 1439-1451.

Guerrero C. A. (2006). Efecto de tres bioestimulantes comerciales en el crecimiento de los tallos de Proteas (Leucadendro sp.) Var. Safari Sunfet. Tesis de Licenciatura U.T.N. Ibarra-Ecuador.

HAIFA. (2023). Guía de Cultivo: Recomendaciones de Fertilización para Tomate. Recuperado el 01 de abril de 2023 de <https://www.haifa-group.com/es/gu%C3%ADa-de-cultivo-recomendaciones-de-fertilizaci%C3%B3n-para-tomate>

Harris Moran seed company. (s/f). Ficha técnica El Cid F1. Recuperado el 22 de abril de 2023 de <https://agrogto.com/wp-content/uploads/2022/02/TOMATE-EL-CID-HM-CLAUSE.pdf>

Infoagro Systems S.L. (2016). El cultivo de tomate: Parte I. Madrid, España. Recuperado el 20 octubre de 2022 de http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate__parte_i_.asp

INIA. (2017). Manual de cultivo del tomate al aire libre. Santiago, Chile. Recuperado el 28 de febrero de 2021 de <https://www.inia.cl/wpcontent/uploads/ManualesdeProduccion/11%20Manual%20Tomate%20Aire%20Libre.pdf>

INIFAP. (2012). Guía para cultivar jitomate en condiciones de malla sombra en san luis potosí. SAGARPA. Primera Edición. San luis potosí. Recuperado el 28 de febrero de 2021 de <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/905.pdf>

INTA, Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2014). Manejo integrado de plagas. Cultivo de tomate: Guía MIP. Managua, Nicaragua. 66 p. Recuperado el 18 de octubre de 2022 de <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/GUIA%20MIP%20tomate%20014.pdf>

INTAGRI. (2009). La Caracterización de los Sustratos para la Horticultura. Recuperado el 18 de diciembre de 2022 de <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/la-caracterizacion-de-los-sustratos-para-la-horticultura>.

INTAGRI. (2013). La Absorción de Nutrientes en Fertilización Foliar. Recuperado el 16 de enero de 2022 de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/La-absorcion-de-nutrientes-a-traves-de-la-fertilizacion-foliar>

INTAGRI. (2018). Aminoácidos para la Bioestimulación de Cultivos Hortofrutícolas. Serie Nutrición Vegetal. Núm. 111. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. Recuperado el 5 de marzo de 2022 de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/aminoacidos-para-la-bioestimulacion-de-cultivos-hortofruticolas>

IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute). (1996). Descriptores para tomate (*Lycopersicon* spp L.) (en línea). 47 p. Recuperado el 6 de marzo de 2022 de https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/73043/Descriptores_tomate_489.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Jaramillo, N.P., Rodríguez, V.P., Zapata, M. (2006). El cultivo de tomate bajo invernadero (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Boletín Técnico. Recuperado el 18 de noviembre de 2022 de [file:///C:/Users/lhizb/Downloads/022%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/lhizb/Downloads/022%20(1).pdf)

Jaramillo, N., Jorge, E., Sánchez, L., Germán, D., Rodríguez, V., Patricia, A., Et al. (2012). Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. CORPOICA. Bogotá.

Jones, J. B. (2007). Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden. CRC Press.

Juárez, A., Romenus, K., Zermeño, G., Alejandro, R., Benavides, M., (2015). Análisis de crecimiento del cultivo de tomate en invernadero. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 6(5), 943-954. Recuperado en 27 de junio de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000500003&lng=es&tlng=es.

Martínez, P. F., Roca, D. (2011). Sustratos para el Cultivo sin Suelo. Materiales, Propiedades y Manejo. En: Flórez R., V.J. (Ed.). Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 37-77 p.

Mazuela, A., Carolina, R., Morales, F. (2013). Manual de Fertirriego. Universidad de Terapacá. Chile. Pag 21. Recuperado el 4 de marzo de 2021 de <http://sb.uta.cl/libros/30846%20manual%20fertirriego%20web.pdf>

McSteen P, Zhao Y (2008) Plant Hormones and Signaling: Common Themes and New Developments. Developmental Cell 14, 467-473

Melgarejo, L. M. (2010). Experimentos en Fisiología vegetal. Facultad de Ciencias, Universidad de Colombia. Colombia. P. 44 Recuperado el 1 de julio de 2021 de <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2019/02/Melgarejo-2010.pdf>

Méndez, S. A. (2013). Efectividad de aminoácidos en la producción y postcosecha de calabacita zucchini bajo condiciones de estrés hídrico. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro División de Agronomía. Coahuila, México.

Microfertisa. (1992). Manual Técnico. Bogotá. Colombia. 100 p.

Molina Eloy (s/f). Fertilización del tomate. Centro de investigaciones agronómicas. Universidad de Costa rica. Recuperado el 07 de abril de 2023 de <http://www.cia.ucr.ac.cr/sites/default/files/202109/07%20FERTILIZACION%20TOMATE%202016.pdf>

Monardes, H. 2009. Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill): Características botánicas. Origen (en línea). Chile. Universidad de Chile 13 p. Recuperado el 8 oct. 2016 de http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf

Montano, R., Zuaznabar, R., García, A., Viñals, M., Villar, J. (2007). Fitomas E: Bionutriente derivado de la industria azucarera. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, XLI (3),14-21. Recuperado el 28 de enero de 2021 de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2231/223120666002>

Ortega, L. D., Sánchez, J., Ocampo, J., Sandoval, C., Salcido, B. A., Manzo, F. (2010). Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Ra Ximhai, 6(3),339-346. Recuperado el 20 de marzo de 2023 de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46116015002>

Peñaranda, I. (2017). Función de los aminoácidos en plantas. Metroflor. Recuperado el 4 de febrero de 2021 de <http://www.metroflorcolombia.com/funcion-de-los-aminoacidos-en-plantas/>

Peres de Alcantara, H., Menezes, P. (2019). Influência de fertilizante foliar com aminoácidos na cultura do jiló. Brazilian Journal of Development. V.5, N.6, p.5554-5563 Recuperado el 24 de febrero de 2021 de <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/1777>.

Pérez, E., Horacio, A. Chávez, M., Jesús, C., Guillermo, R., María de las Nieves, Ascencio, H., Roberto. (2017). Fertilización foliar en el rendimiento y calidad de tomate en hidroponía bajo invernadero. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 8(2), 333-343. Recuperado el 23 de agosto de 2022 de <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.54>

Pérez, I., C. (1988). Fertilización foliar de macro y micronutrientes en un Andosol de la Sierra Tarasca, Michoacán. Tesis de M. en C. CEDAF-CP. Montecillo, Méx

SADER. (2019). Producción de tomate en invernadero, Representación agricultura ciudad de México, Recuperado el 08 de octubre de 2022 de <https://www.gob.mx/agricultura/cdmx/articulos/produccion-de-jitomate-en-invernadero?idiom=es>

Salas, M.C., Urrestarazu, M. (2001). Técnicas de fertirrigación en cultivo sin suelo, Manuales de la Universidad de Almería, Servicios de Publicaciones de la Universidad de Almería. España, 280 pp

Salisbury, F., Ross, Cleon. (2000), Fisiología de las plantas 2. Bioquímica vegetal, España: Thomson Learning.

Sanchez, S., Gustavo Eduardo, C. (2017). Influencia de fertilizante foliar com aminoácidos na cultura do tomate, em cultivo protegido. Revista científica eletrônica de agronomia. N° 32. Recuperado el 23 de febrero de 2021 de http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/1pz8QPAA0qQtb2A_2018-1-25-15-3-0.pdf

Santiago, J., Mariano, B., (1998). Evaluación de tomate (*lycopersicon esculentum*, mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía mesoamericana*. P. 59-65

SENASICA, (2016), La aplicación de sistemas de protección garantiza la disposición de frutas y verduras todo el año. Recuperado el 25 de junio de 2023 de <https://www.gob.mx/senasica/articulos/conoce-que-es-la-agricultura-prottegida?idiom=es>

Serrani Y. (2008). Interacción de Giberelinas y Auxinas en la Fructificación del Tomate. Universidad politécnica de valencia. Valencia.

SIAP. (2023). Escenario mensual de productos agroalimentarios, Tomate rojo. Recuperado el 25 de junio de 2023 de file:///C:/Users/lhizb/OneDrive/Escritorio/Jitomate_Mayo.pdf

Smith, A.F. (1994). *The Tomato in America: Early History, Culture, and Cookery*, University of South Carolina Press, Columbia, SC.

SNIIM. (2023). Mercados nacionales frutas y hortalizas. Recuperado el 29 de diciembre de 2022 de <http://www.economiasniim.gob.mx/nuevo/Home.aspx?opcion=Consultas/MercadosNacionales/PreciosDeMercado/Agricolas/ConsultaFrutasYHortalizas.aspx?SubOpcion=4|0>

Snyder, R. G. (1992). *Greenhouse tomato handbook*. Cooperative Extension Service. Mississippi State University. USA. Recuperado el 07 de noviembre de 2022 de <http://msucares.com/pubs/publications/p1828.htm>

Steiner, A.A. (1961) A Universal Method for Preparing Nutrient Solutions of a Certain Desired Composition. *Plant Soil*. 15: 134-154.

Steiner, A.A. (1968) Soilless culture. En Proc. 6th Colloq. Int. Potash Inst. Florence, Italy. pp. 324-341

Tradecorp, nutri-performance. (s/f). Aminoácidos y agricultura. Recuperado el 4 de marzo de 2021 de <https://tradecorp.mx/wp-content/uploads/2017/11/02-aminoacidos-1.pdf>

Trinidad, S., Aguilar, M., (1999). Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamericana*, 17(3),247-255. Recuperado el 31 de enero de 2021 de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=573/57317309>

Ueguchi, M., Nakajima, M., Motoyuki, A., Matsuoka, M. (2007). Gibberellin receptor and its role in gibberellin signaling in plants. *Annual Review of Plant Biology* 58, 183-98

Venegas, V.(s/f). Fertilización foliar complementaria para nutrición y sanidad en producción de papas. Agry S. Recuperado el 28 de febrero de 2021 de <http://www.jadefo.org.mx/jwp/wp-content/uploads/Fertilizacion.pdf>

Wereing, P.E., Patrick, J. (1975). Source-sink relations and partition of assimilates. In J. P. Cooper Celd, photosynthesis and productivity in different environments. Cambridge Univ. Press. p. 481-499.

YARA (2022). Función de los nutrientes por fase de desarrollo del tomate. Recuperado el 14 de noviembre de 2022 de <https://www.yara.es/nutricion-vegetal/tomate/funcion-nutrientes/>

Zeidan, O. (2005). Tomato production under protected conditions. Israel. Mashav, Cinadco, Ministry of Agriculture and Rural Development Extension Service. 99 p.