

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Aplicación de Bioestimulantes Innovadores y su Impacto en el Vigor y Rendimiento del Cultivo de Tomate (*Solanum lycopersicum* L).

Por:

JUAN RAMÓN MOZQUEDA BARRIENTOS

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México.

Febrero de 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Aplicación de Bioestimulantes Innovadores y su Impacto en el Vigor y Rendimiento
del Cultivo de Tomate (*Solanum lycopersicum* L).

Por:

JUAN RAMÓN MOZQUEDA BARRIENTOS

TESIS

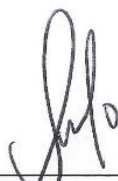
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

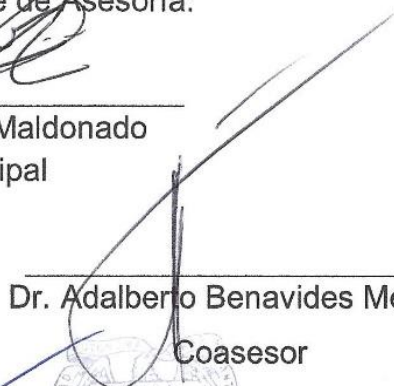
Aprobada por el Comité de Asesoría:



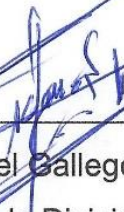
Dr. Antonio Juárez Maldonado
Asesor Principal



Dra. Susana González Morales
Coasesor



Dr. Adalberto Benavides Mendoza
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Febrero de 2018

DEDICATORIA

A mi familia “Mozqueda Barrientos” y Dios nuestro señor

A mis padres les dedico este triunfo en mi vida, quienes me guiaron desde pequeño con una educación firme, le doy las gracias por todo el amor, cariño y comprensión que me supieron brindar, y le doy gracias a dios por los padres que puso en mi vida.

Sr. Ramiro Mozqueda Aguilar le dedico mi vida entera y todos mis logros, ya que usted supo formar un hogar, donde su educación prevaleció con su firmeza, lo admiro y lo quiero demasiado que no lo puedo escribir. Yo como el menor de sus retoños no me queda más que decirle gracias papá por los consejos y cariño que me brindo. Sra. Rosa Elena Barrientos Sierra “mi sol” ese sol con el que despierto y le doy gracias al señor que me dio la bondad de ser su hijo, mamá te dedico todos mis triunfos ya que gracias a tus consejos y amor he logrado cosas buenas en mi vida, madres eres la mejor te amo demasiado tu eres mi amor más puro sincero, quien se merece lo mejor de mí. Ustedes padres son mi inspiración de seguir por el camino correcto me siento orgulloso de ser su hijo.

A mis hermanos Ramiro, Rene, Brisa, Juanita y Gustavo, les dedico un logro de mi vida, que Dios los cuide mucho y nuestro legado perdure por siempre. Son los mejores, los amo demasiado.

Rene Mozqueda Te dedico todo lo que puedo llegar hacer en esta vida, esos consejos que me brindas son los que tengo presentes y los que me formaron cuando deje el nido, aún recuerdo el primero “No llores, sal de tu casa con orgullo, vas a buscar un porvenir” tenemos muchos años que no nos vemos hermano pero Dios nos tiene destinado algo mucho mejor. Este triunfo es uno de tantos que nos faltan.

Te fuiste, Dios no te permitió ver a tu viejillo convertido en un profesionista, pero sé que me cuidas y está orgullosa de mí, hasta el cielo te mando un beso y un abrazo. Sra. Juanita Aguilar Gallaga mi “Ita” te mereces este triunfo de tu viejillo.

AGRADECIMIENTOS

A mi “Alma Terra Mater” gracias por ser mi segunda casa, quien me alojo y formo parte de mí. Me voy orgulloso sabiendo que formé parte de tu lista de alumnos que transformas en cosas buenas para la sociedad. Te amo Alma Terra Mater.

A todos los profesores que me impartieron clases, donde adquirí conocimiento valioso que siempre me acompañara, gracias por formar parte de mi integración académica.

A mis asesores de este proyecto de investigación la Dra. Susana Morales Gonzales, DR. Antonio Juárez y el DR. Hipólito Hernández. Gracias por su atención ya que sin su ayuda y atención no se hubiera podido hacer este proyecto de investigación.

Al zoológico, unos amigos que siempre estuvieron en las malas y buenas conmigo, gracias por formar parte de mi vida universitaria y le pido a Dios que siempre me los tope en el camino. Amigos José Jesús Hernández, Eduardo De La Fuente, Gamaliel Reboceño, Cesar Ledesma, Isaías Alcalá, Elver, Navarro, los cuates, el chino y el Charlie. A mi amiga Jacqueline Montes por el apoyo brindado.

A mis compañero de generación CXXIV gracias por conocerlos.

Se agradece el apoyo económico para realizar esta investigación a CONACYT, ya que a través del fondo CONACYT-PEI 2016 proporcionó recurso económico al proyecto “Desarrollo Tecnológico de un innovador bioestimulante a ase de aminoácidos hidrosolubles vegetales para su aplicación en ciclos de estrés y en nutrición vegetal para el Incremento de la Producción de Cultivo de la Región”, sometido a través de la empresa Laboratorios Quiver.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Titulo	N° pág.
RESUMEN	9
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
Objetivo general:.....	3
Objetivos específicos:	3
III. HIPÓTESIS	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Generalidades del cultivo.....	4
Clasificación taxonómica	4
Importancia económica del tomate rojo en México	5
Sistemas de producción de tomate.....	6
Bioestimulantes	7
Formulaciones de bioestimulantes	8
Formulaciones a base de aminoácidos	9
Aminoácidos en la Agricultura	10
Función de los aminoácidos en las plantas	10
Efectos de los aminoácidos	12
Productos a base de Aminoácidos	13
V. METODOLOGÍA	15
Localización del experimento.....	15
Desarrollo del experimento	16
Obtención de la plántula.....	16
Características de la variedad	16

Labores culturales	16
Aplicación de los tratamientos	17
Variables evaluadas	18
Diseño experimental y análisis estadístico.	20
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
Variables de vigor de planta	21
Variables de rendimiento	22
Variables de calidad de fruto	25
VII. CONCLUSIONES.....	28
VIII. ANEXOS	29
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonomica del cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	4
Cuadro 2. Tratamientos evaluados para ambos experimentos vía foliar y vía sustrato.....	18
Cuadro 3. Variables de vigor de plantas de tomate variedad “persistente” tratadas con aminoácidos.....	21
Cuadro 4. Variables de rendimiento en plantas de tomate variedad “persistente” tratadas con aminoácidos hidrolizados.....	23
Cuadro 5. Variables de calidad de fruto en plantas de tomate variedad “persistente” tratadas con aminoácidos hidrolizados.....	25

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sitio experimental. Invernadero perteneciente al Departamento de Horticultura.....	15
Figura 2. Laboratorio de Fisiología Vegetal perteneciente al Departamento de Horticultura.....	15
Figura 3. Diámetro de tallo de las plantas de tomate variedad “persistente” tratadas con aminoácidos hidrolizados.	22
Figura 4. Peso promedio de frutos grandes en plantas de tomate variedad “persistente” tratadas con aminoácidos hidrolizados.	24
Figura 5. Firmeza de fruto en plantas de tomate variedad “persistente” tratadas con aminoácidos hidrolizados.	26
Figura 6. Contenido de licopeno en fruto de plantas de tomate variedad “persistente” tratadas con aminoácidos hidrolizados.....	27

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar la aplicación de dos formulaciones a base de aminoácidos en plantas de tomate en condiciones de invernadero, mediante dos formas de aplicación, vía foliar y directamente al sustrato. Una de las formulaciones de aminoácidos se obtuvo mediante hidrólisis ácida y la otra mediante hidrólisis enzimática. Se utilizaron dos dosis: 1 L ha⁻¹ y 3 L ha⁻¹. Se evaluaron variables agronómicas y algunos parámetros de calidad de fruto. El experimento se estableció bajo un diseño cuadro latino (5x5) tomando una planta como unidad experimental y 10 repeticiones por tratamiento. Para las variables de calidad de fruto se tomaron 5 repeticiones por tratamiento.

Los resultados demuestran que el tratamiento de la formulación de hidrólisis ácida a dosis de 1 L ha⁻¹ (HAB) aplicado de las dos formas aumentó el diámetro de tallo en un 23 y 14%. En peso promedio de fruto el tratamiento de hidrólisis enzimática a dosis de 1 L ha⁻¹ (HEB) aplicado de forma foliar superó al testigo en 55.3% al igual que la dosis de 3 L ha⁻¹ (HEA) aplicado al sustrato supero al testigo con 42%. En la variable de rendimiento el tratamiento de hidrólisis enzimática a dosis de 3 L ha⁻¹ (HEA) aplicado de manera foliar supero al tratamiento de hidrólisis ácida a dosis de 3 L ha⁻¹ (HAA) con 50.1%.

En calidad de fruto en la variable firmeza el tratamiento de hidrólisis enzimática a dosis de 3 L ha⁻¹ (HEA) aplicado de forma foliar supero al testigo en un 118.5% y el tratamiento de hidrólisis ácida a dosis de 1 L ha⁻¹ (HAB) aplicado al sustrato supero al testigo con 114.3%. En cuanto al contenido de licopeno el tratamiento de hidrólisis ácida a dosis de 3 L ha⁻¹ (HAA) aplicado de forma foliar supero el control con 157.8%. Por lo tanto, el uso de formulaciones a base de aminoácidos aquí estudiadas puede beneficiar la producción intensiva del cultivo de tomate, ya que mostraron efectos positivos en rendimiento y calidad del fruto.

Palabras claves: Aminoácidos, Hidrolisis proteica, calidad de fruto, licopeno, crecimiento.

I. INTRODUCCIÓN

México a nivel internacional se encuentra entre los principales países exportadores de tomate fresco o refrigerado, teniendo una participación estimada en el mercado de exportación del 21%. Estadísticas del Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) reflejan que en el país son destinadas a la producción de tomate más de 51 mil ha, con una producción estimada de 2.8 millones de T. Hablando en términos económicos la generación de tomate tiene un valor de alrededor de 15.7 millones de pesos anuales, lo que sitúa a esta hortaliza en el segundo lugar en importancia económica (SAGARPA, 2016).

El rendimiento de tomate por hectárea, va de acuerdo al nivel de tecnología que se emplea para su producción. El rendimiento de producción de tomate obtenido en invernaderos de baja tecnología es de aproximadamente 120 Tha^{-1} , en invernaderos de tecnología media de 200 a 250 Tha^{-1} y en invernaderos de tecnología alta se pueden obtener hasta 600 Tha^{-1} (HORTALIZAS, 2013). Sin embargo los cambios climáticos, provocan situaciones adversas para los invernaderos de baja y mediana tecnología que ponen a la planta en condiciones de estrés limitando su potencial de rendimiento, un claro ejemplo es el estrés por alta temperatura que impacta negativamente en algunos procesos fisiológicos como la polinización, el llenado de grano y la fotosíntesis y como consecuencia el rendimiento del cultivo se ve afectado (Araus *et al.* 2008; Semenov and Halford 2009).

Para mitigar el estrés en plantas se han desarrollado productos llamados bioestimulantes, los cuales contienen en su formación sustancias biológicas que actúan en diferentes rutas metabólicas y/o fisiológicas de las plantas, además influyen en diversos procesos metabólicos tales como la respiración, la fotosíntesis, la síntesis de ácidos nucleicos y la absorción de iones, mejorando la expresión del potencial de crecimiento, la precocidad de la floración, además de ser reactivadores enzimáticos (CINAFSA, 2017).

Estas sustancias (bioestimulantes) mediante la estimulación de procesos naturales inducen a la planta al aprovechamiento de nutrientes e incrementan la resistencia a condiciones de estrés biótico y abióticos, dando más vigor a la planta e influyendo directamente en el rendimiento (Intagri, 2015).

Por esta razón existe una tendencia en el desarrollo de productos novedosos llamados bioestimulantes que ayudan a la planta a responder positivamente ante las situaciones adversas de estrés, aportándole un aumento directo en el rendimiento (Reyes, 1992).

Por otro lado la aplicación de bioestimulantes a base de aminoácidos ha demostrado numerosos beneficios, estas aplicaciones favorecen el proceso de producción de proteínas, produciendo un ahorro de energía que la planta dirige hacia otros procesos. Este ahorro de energía es de suma importancia cuando la planta se encuentra debilitado por algún estrés (Saborío, 2002).

La respuesta a la aplicación de aminoácidos que tiene la planta también se ha asociado a la formación de sustancias biológicamente activas, las cuales actúan vigorizando y estimulando la vegetación, por lo cual resultan de gran interés en los periodos críticos de los cultivos, o en aquellos cultivos de producción altamente intensiva como invernaderos, cultivos hidropónicos, etc. (Estudillo, 2017).

II. OBJETIVOS

Objetivo general:

Determinar la efectividad biológica de formulaciones a base de aminoácidos en el cultivo de tomate desarrollado bajo invernadero.

Objetivos específicos:

- ✚ Evaluar el comportamiento de las variables relacionadas al vigor de las plantas de tomate tratadas con formulaciones de aminoácidos aplicadas vía foliar y al sustrato.
- ✚ Determinar el efecto de formulaciones de aminoácidos aplicados vía foliar y al sustrato en el rendimiento de las plantas de tomate.
- ✚ Determinar el efecto de formulaciones de aminoácidos aplicados vía sustrato y foliar en la calidad del fruto.

III. HIPÓTESIS

Las aplicaciones de formulaciones a base de aminoácidos pueden mejorar el vigor de la planta, el rendimiento y la calidad del fruto del cultivo de tomate.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del cultivo

El centro de origen del tomate (*Solanum lycopersicum* L) se circunscribe a la región andina de Perú, el único sitio donde hay especies perenes del tomate. No obstante, la variedad cerasiforme, precursora del tomate domesticado, transportaron sus semillas de forma natural hasta llegar a Mesoamérica, donde lo cultivaron y se convirtió en un producto básico en la alimentación de los nativos. México y Perú son considerados los dos centros independientes de domesticación, de ahí su gran diversidad en ambos países y el amplio acervo que poseen en recursos genéticos de la especie (principalmente criollos y silvestres), algunos de ellos altamente cotizados en los mercados locales o regionales y con un gran potencial para generar variedades de usos local y variedades para cocina gourmet. La domesticación en México se dio entre Veracruz y Puebla, donde persiste en forma silvestre (SINAREFI, 2014)

Su nombre procede del náhuatl *xictli*, ombligo y *tomatl*, tomate, que significa tomate de ombligo, cicatriz que conserva el fruto al desprenderse de su pedúnculo.

Clasificación taxonómica

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L)

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Solanales</i>
Familia	<i>Solanaceae</i>
Genero	<i>Solanum</i>
Especie	<i>Lycopersicum</i>

Importancia económica del tomate rojo en México

La disponibilidad de nuevos tipos y variedades, nuevos métodos de cultivo y la creciente demanda de hortalizas han incentivado la producción mundial de tomate rojo. China se mantiene como el principal consumidor y productor, así como Estados Unidos como el principal importador mundial, mientras que México es el principal proveedor externo de esta hortaliza para ese país (FIRA, 2016).

En México la producción de tomate creció a una tasa promedio anual de 3.3% entre 2005 y 2015 para ubicarse en 3.1 millones de T, sin embargo, la superficie total destinada a este cultivo disminuyó a una tasa promedio anual de 3.8%. En 1980 se registró una superficie total sembrada de 85,000 H, en el año 2000 un total de 75,900 ha y en 2015 fueron 50,596 ha. La tendencia de baja de la superficie sembrada se debe a la disminución de la superficie cultivada a cielo abierto, mientras que el cultivo en condiciones de agricultura protegida continúa en su expansión constante. Así, el volumen de tomate rojo obtenido con el uso de agricultura protegida paso de 2.9% en 2005 a 32.2% en 2010, y hasta 59.6% del volumen total en 2015. (FIRA, 2016). En general la productividad de tomate rojo por unidad de superficie continúa creciendo.

Para 2016 las ventas alcanzadas de enero a mayo fueron de mil 94 millones de dorales. Las exportaciones de tomate fresco o refrigerado producido en México aumentaron 22.7% en los primero cinco meses del 2016, lo que convierte a este producto como el segundo de mayor importancia en termino de valor económico (SAGARPA, 2016). Las cinco principales entidades productoras son Sinaloa, Michoacán, Zacatecas, San Luis potosí, Baja California sur y Jalisco.

A través las políticas públicas de fomento a la productividad puestas en marcha por la SAGARPA, el tomate se encuentra a 61 millones de dólares de convertirse en el principal producto agroalimentario exportado por el país, solo por debajo de la cerveza (SAGARPA, 2016). En el país se tiene el registro de 150 mil productores de tomate, quienes contribuyen a general 70 mil empleos directos relacionados con esta actividad, donde las variedades cultivas que predominan son saladete y bola principalmente.

Sistemas de producción de tomate

En México el cultivo de tomate se explota bajo dos sistemas de producción, cultivándose tradicionalmente a campo abierto y en agricultura protegida.

Campo abierto. En este sistema de producción, es necesario contar un estricto paquete tecnológico y condiciones ambientales favorables para la obtención de buenos resultados. Los rendimientos obtenidos a campo abierto son menores comparándolos con un sistema de producción de agricultura protegida, sin embargo, la inversión inicial es menos elevada que este último.

Requerimientos climáticos:

Temperatura: la temperatura óptima de desarrollo se sitúa en 23 °C durante el día y entre 13-17 °C durante la noche.

Humedad: la humedad relativa oscila entre un 60 y 80%.

Luminosidad: niveles de radiación diaria alrededor de 0.85 MJ m⁻², son los mínimos para la floración y cuajado.

Suelo: la planta de tomate se puede cultivar en cualquier tipo de suelo, pero se prefieren suelos profundos, margosos y bien drenados.

Plagas y enfermedades del tomate

Las plagas más comunes son:

- Mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Transmite el virus del rizado amarillo del tomate conocido como “virus de cuchara”.
- Trips (*Frankliniella occidentalis*). Transmite el virus del bronceado del tomate.
- Afido “Pulgón” (*Mizus persicae*). Forman colonias y se distribuyen mediante las hembras aladas, principalmente en primavera y otoño.
- Araña roja (*Tetranychus urticae*). Producen manchas amarillentas en las hojas.
- Gusanos del fruto (*Heliothis zea* y *H. virescens*).

- Gusano soldado (*Spodoptera exigua*)

Fuente: SAGARPA 2010.

Agricultura protegida. Se define como el sistema de producción que permite modificar el ambiente natural en que se desarrollan los cultivos hortícolas, con el propósito de alcanzar un crecimiento óptimo y con ello, un alto rendimiento. Este sistema permite ofrecer productos de alta calidad, con mejores precios de venta y con mayores niveles de inocuidad. La agricultura protegida contribuye a sustentar y fomentar el desarrollo agroindustrial, a generar divisas y empleos para el país y una vida más digna entre la gente del medio rural (Sánchez, 2008).. Lo ideal es un suelo ligeramente ácido, con un pH de 6.2 a 6.8.

Bioestimulantes

En los últimos años han aparecido en el mercado algunos productos llamados “Bioestimulantes” los cuales incluyen en su formación, ácidos húmicos, algas marinas y extractos vegetales, entre otros (Reyes, 1992).

El término bioestimulante se refiere a sustancias que a pesar de no ser un nutrimento, un pesticida o un regulador de crecimiento, al ser aplicadas en cantidades pequeñas generan un impacto positivo en la germinación, el desarrollo, el crecimiento vegetativo, la floración, el cuajado y/o el desarrollo de los frutos (Saborío, 2002).

La definición resulta poco específica y ello ha conducido a que en el mercado el término bioestimulante se utilice para describir una amplia gama de productos, que va desde extractos de plantas hasta extractos de animales, además combinaciones de estos con productos de reconocida función, tales como nutrimentos, vitaminas o reguladores de crecimiento (Saborío, 2002).

Según Intagri (2015) los bioestimulantes son sustancias que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas además de mejorar su metabolismo, que permite que puedan ser más resistente ante condiciones adversas como sequías o ataque de plagas.

De acuerdo con la EBIO (European Bioestimulants Industry Council) los bioestimulantes vegetales contienen sustancia (s) y/o microorganismos cuya función cuando es aplicado a las plantas es estimular los procesos naturales para mejorar la captación de los nutrientes, la eficiencia de los nutrientes, la tolerancia al estrés y la calidad de los cultivos.

Formulaciones de bioestimulantes

Los bioestimulantes aplicados a los cultivos aparecen como una herramienta útil para atemperar los efectos de los diferentes tipos de estrés. Estos productos pueden, en función de su composición, concentración y proporción de diferentes sustancias, incrementar el crecimiento y desarrollo vegetal, estimulando la división celular, diferenciación y alargamiento de las células, favorece el equilibrio hormonal de la planta, pudiendo también aumentar la absorción y utilización de agua y de nutrientes por las plantas (Viera y Castro, 2002).

Estos pueden estar compuesto a base de hormonas vegetales o bien de extractos de algas marinas, aminoácidos, enzimas o vitaminas como la timina, ácidos húmicos, entre otros (Intagri 2015).

Existen diversos tipos de bioestimulantes, unos químicamente bien definidos tales como los compuestos por aminoácidos, polisacáridos, oligopéptidos o polipéptidos. Existen otros más complejos en cuanto a su composición química, como pueden ser los extractos de algas y ácidos húmicos los cuales contienen en diferentes combinaciones reguladores de crecimiento y nutrimentos (Saborío, 2002).

Formulaciones a base de aminoácidos

Estos bioestimulantes poseen aminoácidos en diferentes composiciones, como pueden ser aminoácidos libres, en cadenas cortas (1-10 aminoácidos) oligopéptidos o en cadenas largas (10 o más aminoácidos) polipéptidos.

Los aminoácidos son compuestos orgánicos que contienen un grupo amino [NH₂] y un grupo carboxilo [COOH]. Los grupos amino y carboxilo se encuentran unidos al mismo átomo de carbono y ligado a él se encuentra un grupo variable (R). En ese dicho grupo R es donde las moléculas de los 20 alfa-aminoácidos se diferencian unas de otros (Sanabria, 2011).

Los aminoácidos son la unidad básica que componen las proteínas y estas juegan un papel clave en todos los procesos biológicos como el transporte y el almacenamiento, el soporte mecánico, la integración del metabolismo y la diferenciación.

La función principal de los aminoácidos es de formar proteínas, pero también desempeñan otras funciones: el triptófano glutatión realiza importantes funciones y otros péptidos pequeños presentan actividad hormonal; los aminoácidos son precursores de una amplia variedad de moléculas biológicas (la arginina da lugar al óxido nítrico, la histidina a histamina), también algunos aminoácidos pueden ser metabolizados y utilizados para producir glucosa (Campbell *et al.*, 2006). Cervantés (2008) dice que actúan en la regulación del balance hídrico en las plantas cuando están en situación de estrés y como moléculas quelantes de cationes necesarios para el desarrollo vegetal, entre otras más funciones.

La planta sintetiza los aminoácidos a través de reacciones enzimáticas por medio de procesos de aminación y transaminación. La aminación se produce por sales de amonio absorbidas del suelo y ácidos orgánicos, producto de la fotosíntesis. La transaminación permite producir nuevos aminoácidos a partir de los otros ya preexistentes.

Aminoácidos en la Agricultura

La aplicación de aminoácidos en forma directa a la planta no es reciente ya que a finales de los años 70 surgió la alternativa de la fertilización directa de las plantas con aminoácidos libres. Con este método evitaría la transformación química del nitrógeno nítrico y amoniaco dentro de la planta en aminoácidos y por tanto llevaría a la planta a un importante ahorro de energía, que le ayudaría a superar situaciones de estrés y fomentar su crecimiento y desarrollo.

Se conoce también que los aminoácidos están relacionados con los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal. Algunas hormonas vegetales se encuentran unidas a aminoácidos o proceden de la transformación de estos.

Sanabria (2011) menciona que los aminoácidos siempre se han utilizados cuando la planta presenta cualquier problema externo (estrés hídrico, golpes de calor y/o frío, ataque de plagas y enfermedades, fitotoxicidad). Actualmente los aminoácidos se utilizan cuando se quiere ayudar a la planta en momentos críticos, tales como el enraizamiento, antes de la floración, antes del cuajado, en la asimilación de potasio (K) etc.

Función de los aminoácidos en las plantas

Las plantas a través de procesos fisiológicos como la fotosíntesis y la respiración sintetizan sus propios aminoácidos a partir de nutrientes minerales que absorben. Los aminoácidos se unen formando cadenas, dando lugar a las proteínas y enzimas que constituyen parte del material vivo de la planta (Saborío, 2002).

Los aminoácidos tienen funciones específicas en las plantas (Tecnoquímicas *MK*, 2005).

Glicina. Primer aminoácido de acción quelatante, estimula el crecimiento de las plantas y raíces, aumenta las defensas endógenas y es un precursor de la clorofila.

Alanina. Potencia la síntesis de clorofila, traduciéndose en un mayor potencial de actividad fotosintética, es precursor de la lignina, que confiere resistencia a los tallos, importante en el metabolismo hormonal de las plantas e induce mecanismos de resistencia a virosis.

Serina. Regula el equilibrio hídrico de la planta y es esencial en la síntesis de la clorofila.

Valina. Estimula el crecimiento y reparación de los tejidos, el mantenimiento de diversos sistemas y balance de nitrógeno.

Leucina. Mejora la calidad del fruto.

Fenilalanina. Su liberación influye en la formación de complejos húmicos, es precursor de la lignina, que confiere resistencia a los tallos, fundamental para la síntesis de la clorofila importante en el metabolismo hormonal de las plantas e induce mecanismo de resistencia a virosis.

Tirosina. Interviene en la síntesis de la lignina.

Triptófano. Es el precursor del IAA. Ejercitan un fuerte impulso al crecimiento del vegetal.

Treonina. Influye en el ritmo de humificación, ayudando al crecimiento vegetal.

Metionina. Precursor de nuevo aminoácidos, estimula procesos metabólicos en hojas jóvenes y es precursor del etileno.

Cisteína. Aumenta las defensas endógenas.

Ácido Aspártico. Implicado en la síntesis de proteína. Fuente de nitrógeno para la planta.

Ácido Glutámico. Es una reserva natural de nitrógeno en la planta que puede transformarse en otros aminoácidos gracias a las transaminasas, favorece la asimilación de nitrógeno inorgánico. Estimula los procesos de crecimiento de los meristemas radicales, foliares y florales.

Histidina. Interviene en el mecanismo de defensas en condiciones adversas.

Lisina. Potencia la síntesis de clorofila. Precursor de poliaminas, las cuales intervienen en procesos fisiológicos fundamentales desde la floración y la senescencia floral.

Arginina. Es precursor de las poliaminas, necesarias para desencadenar la multiplicación celular, estimula el crecimiento de las raíces e interviene en la síntesis de la clorofila.

Asparagina. Interviene en el mecanismo de defensas en condiciones adversas.

Glutamina. Es un regulador metabólico de carbono y nitrógeno que ayuda al crecimiento de la planta.

Prolina. Mantiene trabajo fotosintético en regímenes severos. Aumenta el porcentaje de germinación del grano de polen, mejoran la capacidad de resistencia ante situaciones de estrés por bajas temperaturas, falta de agua o exceso de sales y favorece el crecimiento de las plantas.

Hidroxiprolina. Juegan un papel esencial en el equilibrio hídrico de la planta, mantienen actividad fotosintética en situaciones adversas, fortalecen las paredes celulares aumentando la resistencia frente a plagas y enfermedades, y Mejoran la fertilidad del polen.

Efectos de los aminoácidos

Al aplicar aminoácidos se suple a la planta de estos, y esto favorece el proceso de producción de proteínas con lo que se produce un ahorro de energía que la planta puede digerir hacia otros procesos tales como floración, cuajado y producción de frutos. Este ahorro de energía es muy importante cuando el cultivo se encuentra debilitado por alguna condición externa como un estrés hídrico, una helada, ataque de una plaga, un trasplante, las enfermedades o efectos fitotóxicos por la mal aplicación de productos fitosanitarios (Saborío, 2002).

Taiz y Zeiger (1998) observaron que las plantas resisten estrés hídrico, cuando se les aplica aminoácidos, involucrando respuestas fisiológicas, estructurales y modificaciones morfológicas a corto y largo plazo. Estos cambios ayudan a minimizar el uso de los recursos internos y externos (Alarcón, 2000).

Los aminoácidos pueden formar quelatos con diferentes microelementos (hierro, cobre, zinc y manganeso especialmente), favoreciendo su transporte y penetración en el interior de los tejidos vegetales (Zoberbac, 2001). Así como también (Kamara, 2000) observó que los aminoácidos en mezcla con algunos nutrientes, aumenta la eficiencia en la aplicación reduciendo el tiempo de absorción.

La respuesta de la planta a la aplicación de los aminoácidos se ha asociado a la formación de sustancias biológicamente activas, las cuales actúan vigorizando y estimulando la vegetación, por lo cual resultan de gran interés en los periodos críticos de los cultivos, o en aquellos cultivos de producción altamente intensiva (invernaderos, cultivos hidropónicos, etc.). Aunque la naturaleza de estas sustancias no es conocida, se ha demostrado que estimulan la formación de clorofila y la síntesis de numerosos sistemas enzimáticos (Saborío, 2002). Así como también sugiere que las plantas tratadas con bioestimulantes son más resistentes a los insectos, posiblemente porque son más vigorosas, y pueden producir más de los compuestos defensivos (los cuales son energéticamente costosos) como los polifenoles.

Productos a base de Aminoácidos

Los productos a base de aminoácidos, que existen en el mercado se obtienen de por medio de uno de los tres siguientes procesos.

- 1. Hidrolisis de proteínas.** Es el procedimiento más usual y económico, la hidrolisis puede ser (Kvesitaze *et al.*, 1996):
 - **Hidrolisis acida.** Las proteínas son fraccionadas al hervirlas con ácido. En la actualidad se usa ácido clorhídrico, consiguiendo que la temperatura de hidrolisis sea inferior de 250 °C.

- **Hidrolisis básica.** Las proteínas son fraccionadas con bases.
 - **Hidrolisis enzimática.** Las proteínas son sometidas a la acción de ciertas enzimas. En la digestión sus moléculas se hidrolizan formando polipéptido y aminoácidos.
2. **Por síntesis.** La composición de estos productos está perfectamente definida, y en la obtención limitan el proceso que siguen los organismos vivos para obtener los aminoácidos libres. Aunque tienen efectos reconocidos con el metabolismo y en algunos procesos fisiológicos de las plantas (Liñan, 2001), son de elevado precio y poco viables.

Por biotecnología. Se utilizan las técnicas desarrolladas por la ingeniería genética, los productos que resultan tienen precios muy elevados, pero son muy eficaces (Kvesitaze, 1992).

V. METODOLOGÍA

Localización del experimento

El trabajo experimental se llevó a cabo durante el periodo de agosto a diciembre del año 2016 en un invernadero tipo multitunel perteneciente al Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, con coordenadas $25^{\circ}21'19''$ de latitud Norte y $101^{\circ}02'12''$ Longitud oeste con una altura de 1742 msnm.



Figura 1. Sitio experimental. Invernadero perteneciente al departamento de horticultura.

Los análisis bioquímicos se llevaron a cabo en el laboratorio de fisiología vegetal perteneciente al Departamento de Horticultura



Figura 2. Laboratorio de Fisiología Vegetal perteneciente al Departamento de Horticultura.

Desarrollo del experimento

Obtención de la plántula

Para la obtención de las plántulas se utilizaron semillas de tomate híbrido de crecimiento indeterminado y tipo saladette variedad “Persistente”, las cuales se sembraron en charolas de poliestireno de 200 cavidades utilizando como sustrato perlita y peat moss en proporción 1:1 (v:v). Para la nutrición de las plántulas se usó la solución nutritiva Steiner (Steiner, 1961) al 20 % de concentración.

Características de la variedad

Tomate de crecimiento indeterminado, muy versátil para utilizarlo en invernadero aun tallo o a dos, con frutos grandes, uniformes y de color rojo intenso.

Precocidad temprana, con resistencia a:

Verticillium, *Fusarium oxysporum* raza 1 y 2, *Nematodos*, *Phytophthora*.

Labores culturales

Trasplante

Se realizó 30 días después de la siembra en macetas de polietileno de 12 L. Estas se llenaron previamente con una mezcla de perlita y peat moss en proporción 1:1 (v:v). Se usó una densidad de plantación de tres plantas por metro cuadrado.

Tutoreo

A los 8 días después del trasplante las plantas de tomate se tutoraron con rafia común, donde se utilizaron anillos para tutoreo.

Las podas

Las podas se realizaron para guiar a la planta a un solo tallo, donde se eliminaron los crecimientos axilares. Las plantas se desarrollaron hasta una altura aproximadamente 1.8 m.

Nutrición del cultivo

Para satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo se utilizó la solución nutritiva Steiner (Steiner, 1961) a la cual se ajustó la concentración de acuerdo a las etapas fenológicas del cultivo: 25% al trasplante, 50% en el desarrollo vegetativo, 75% en la floración y amarre de los frutos y 100% en llenado de frutos y cosecha.

El pH de la solución se ajustó a 6.5 cada vez que se realizó la preparación de la solución nutritiva.

Aplicación de los tratamientos

Se utilizaron dos formulaciones a base de aminoácidos (previstos por la empresa Laboratorios Quiver), los cuales fueron aplicados vía foliar y sustrato en dos dosis (1 L ha⁻¹ y 3 L ha⁻¹). Los tratamientos fueron aplicados al cultivo en tres ocasiones al momento del trasplante, al inicio de floración y al inicio de llenado de fruto. Cabe mencionar que los tratamientos vía foliar se asperjaron utilizando un atomizador en la primera aplicación y en las otras dos aplicaciones se empleó una mochila para asperjar utilizando tres tabloncillos de unicel colocándolos a los costados y por detrás de la planta para evitar contaminación. Para los tratamientos aplicados vía sustrato se utilizó un contenedor de 20 L donde se preparó la dosis correspondiente y un contenedor de 1 L que se utilizó para hacer la aplicación vía drench planta por planta. Para los testigos absolutos en la aplicación foliar se asperjaron utilizando agua al igual que en las aplicaciones vía drench.

El trabajo experimental se constituyó de dos experimentos donde los tratamientos se aplicaron vía foliar y vía sustrato, los tratamientos evaluados para ambos experimentos fueron:

Cuadro 2. Tratamientos evaluados para ambos experimentos vía foliar y vía sustrato.

Tratamientos Evaluados	
Hidrolizado Enzimático 1 L ha⁻¹	HEB
Hidrolizado Enzimático 3 L ha⁻¹	HEA
Hidrolizado Acido 1 L ha⁻¹	HAB
Hidrolizado Acido 3 L ha⁻¹	HAA
Testigo Absoluto	TA

Variables evaluadas

Las variables evaluadas se agruparon en tres grupos: variables de vigor de la planta, variables de rendimiento y variables de calidad de fruto.

Variables de vigor de la planta.

- ✚ **Altura de planta (cm).** Al final del cultivo se midió la planta utilizando un flexómetro midiendo desde la base del tallo hasta la parte del meristemo apical.
- ✚ **Numero de Hojas.** De igual manera al finalizar el cultivo se cuantificó cuidadosamente el número total de hojas por planta de cada tratamiento.
- ✚ **Diámetro de tallo (mm).** Se utilizó un vernier digital, la medición se realizó en el tallo a la altura de la primera hoja verdadera.
- ✚ **Peso Fresco de la parte área (g).** Para esta variable la planta se pesó el tallo y hojas utilizando una balanza digital.

- ✚ **Peso Fresco de raíz (g).** Se lavó cuidadosamente la raíz para retirarle el sustrato, posteriormente se pesó utilizando una balanza digital (Ohaus).
- ✚ **Peso Seco de la parte área y raíz (g).** En una estufa de secado se colocaron las muestras en bolsas de papel por un tiempo de 48 horas a una temperatura de 180 °C, posteriormente se tomó el peso utilizando una balanza digital (Ohaus).

Variables de rendimiento

Al momento que se realizó la cosecha se tomó el registro de los datos de estas variables.

- ✚ **Número de racimos.** Se cuantificó el número de racimos por planta de cada tratamiento.
- ✚ **Número de frutos.** Se contó el número total de frutos desde los más chicos hasta los que estaban completamente desarrollados.
- ✚ **Número de frutos grandes.** se contó el número de los frutos más grande por planta de cada tratamiento.
- ✚ **Peso fresco de los frutos grandes (g).** Después de seleccionar y contar los frutos más grandes se pesaron utilizando una balanza digital (Ohaus).
- ✚ **Peso promedio de frutos grandes (g).** Con los datos de las variables número de frutos grandes y peso fresco de frutos grandes se calculó el peso promedio de los frutos grandes por planta de cada tratamiento.
- ✚ **Peso total de frutos (kg).** Se pesó el total de frutos por planta obteniendo el rendimiento en kg/planta, esto con la ayuda de una balanza digital (Ohaus).

Variables de calidad de fruto

Las variables de calidad de los frutos de tomate se realizaron en el laboratorio de fisiología vegetal perteneciente al departamento de horticultura.

- ✚ **Firmeza de frutos (Newwton).** Para esta variable se utilizaron tres frutos rojos por tratamiento. Para determinar la firmeza se usó un penetrómetro midiendo

en tres partes del fruto, por lo que se tomó la media de los tres datos para el ANOVA.

- ✚ **Sólidos solubles totales (°Brix).** Se utilizó un refractómetro manual (Atago modelo ATC1E).
- ✚ **pH.** Este dato se tomó en la pulpa de los frutos de tomate, para ello se utilizó un potenciómetro (HI 98130 de Hanna Instruments).
- ✚ **Acides titulable (% ácido cítrico).** Se calculó usando 10 ml de pulpa de cada fruto de tomate, a la cual se añadieron 2 gotas de fenolftaleína (1%) y se tituló con NaOH 0.1 N (AOAC, 1990).
- ✚ **Contenido de licopeno ($\mu\text{g g}^{-1}$ peso fresco).** Se cuantificó mediante la metodología citada por Fish *et al.* (2002). A 3 g de pericarpio del fruto fresco se agregan 3 mL de solución buffer de fosfatos (pH 7) y se muelen en un mortero, posteriormente se tomaron 2 mL de la muestra y 4 mL de la mezcla hexano: acetona (3:2) centrifugando durante 10 min a 3000 rpm. Por último, se determina la absorbancia a 503 nm del sobrenadante.

Diseño experimental y análisis estadístico.

Se utilizó un diseño cuadro latino (5X5), utilizando 10 repeticiones por tratamiento donde una unidad experimental fue una planta para el caso de las variables de rendimiento y vigor con excepción las variables de pesos fresco y seco de raíz donde solo se tomaron cinco repeticiones. Para las variables de calidad de fruto se utilizó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias (Tukey, $p \leq 0.05$) con ayuda del paquete estadístico Infostat (2016).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables de vigor de planta

Para las variables altura de planta, número de hojas, y peso fresco y seco de la parte aérea y raíz no se encontraron diferencias significativas tanto para la vía de aplicación foliar como sustrato (Cuadro 3). La aplicación foliar y sustrato del tratamiento Hidrolizado Ácido a dosis de 1 L ha⁻¹ (HAB) incrementó (23 y 14%, respectivamente) el diámetro de tallo en comparación al testigo (Figura 3).

Cuadro 3. Variables de vigor de plantas de tomate variedad “persistente” tratadas con aminoácidos hidrolizados (Letras diferentes por cada columna indican diferencias estadísticas significativas según Tukey, $p \leq 0.05$).

Vía de aplicación	Tratamiento	Altura de planta (cm)	Numero de hojas	Peso Fresco Parte área (g)	Peso fresco de raíz (g)	Peso seco de parte área (g)	Peso seco de raíz (g)
Foliar	HEA	187.2 a	25.6 a	1436.4 a	130.3 a	195.3 a	13.5 a
	HEB	187.8 a	25.8 a	1262.7 a	77.6 a	197.3 a	8.5 a
	HAA	178.4 a	24.4 a	1290.0 a	85.5 a	167.7 a	9.3 a
	HAB	181.0 a	25.6 a	1377.0 a	90.6 a	161.1 a	10.5 a
	TA	190.9 a	26.9 a	1514.2 a	114.7 a	181.2 a	11.9 a
Sustrato	HEA	178.1 a	24.5 a	1210.2 a	103.6 a	194.6 a	13.9 a
	HEB	186.8 a	26.4 a	1295.1 a	109.6 a	211.6 a	13.5 a
	HAA	173.2 a	25.3 a	1289.5 a	116.5 a	198.3 a	11.8 a
	HAB	182.4 a	25.9 a	1362.9 a	126.1 a	239.4 a	14.4 a
	TA	177.7 a	27.6 a	1294.1 a	123.8 a	224.4 a	15.0 a

HEA: Hidrolizado Enzimático a dosis de 3 L ha⁻¹, HEB: Hidrolizado enzimático a dosis de 1 L ha⁻¹, HAA: Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹, HAB: Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹, TA: Testigo Absoluto.

Resultados similares reportó Campo *et al.* (2010) al aplicar el producto comercial bioestimulante FitoMas-E en plantas de tomate, donde observó un incremento en el diámetro de tallo, menciona que esta respuesta se debe a la acción estimuladora del producto que contiene estructuras bioquímicas como aminoácidos, oligosacáridos, bases nitrogenadas, entre otras. López *et al.* (2007) también reporta resultados similares al aplicar el producto FitoMas-E en plantas de tomate al momento de

trasplante y floración, las plantas con este tratamiento sobrepasaron el diámetro de tallo a comparación de las plantas a las cuales no se les aplicó este producto.

Esta respuesta de la planta la podemos asociar a lo que mencionan Taiz y Zeiger (1998) donde observaron que las plantas cuando se les aplicó aminoácidos, además de resistir el estrés hídrico mostraron respuestas fisiológicas, estructurales y modificaciones morfológicas. Es decir que los aminoácidos son agentes que aceleran el metabolismo vegetal y la multiplicación celular de sus órganos (Hartmann *et al.*, 1981).

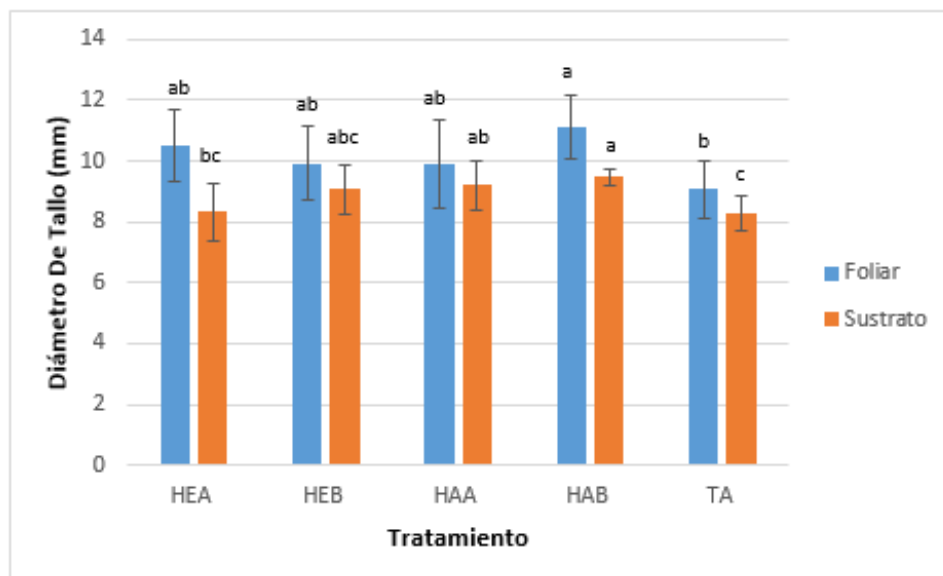


Figura 3. Diámetro de tallo de las plantas de tomate variedad “persistente” tratadas con aminoácidos hidrolizados. HEA: Hidrolizado Enzimático a dosis de 3 L ha⁻¹, HEB: Hidrolizado Enzimático a dosis de 1 L ha⁻¹, HAA: Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹, HAB: Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹, TA: Testigo Absoluto. Letras diferentes por cada columna indican diferencias estadísticas significativas según Tukey, p≤0.05. Las barras de error representan la desviación estándar.

Variables de rendimiento

Para las variables número de racimos y número total de frutos en la aplicación foliar no se encontraron diferencias estadísticas. En la aplicación al sustrato tampoco se detectó diferencias estadísticas en las variables número de racimos, número total de

frutos y frutos grandes, peso fresco de frutos grandes y peso total de frutos (Cuadro 4). En aplicación foliar los tratamientos Hidrolizado Enzimático a dosis de 3 L ha⁻¹ (HEA) e Hidrolizado Ácido a dosis de 1 L ha⁻¹ (HAB), incrementaron (120.6 y 95.2%, respectivamente) el número de frutos grandes en comparación al tratamiento Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹ (HAA). De igual forma el tratamiento Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹ (HAA), fue superado por los tratamientos Hidrolizados Enzimáticos a dosis de 1 y 3 L ha⁻¹ (HEB y HAB) en un 127.6 y 124.2 % respectivamente en el peso fresco de frutos grandes. Este mismo patrón se manifestó en el peso total de frutos donde los tratamientos Hidrolizados Enzimáticos a dosis de 1 y 3 L ha⁻¹ superaron al tratamiento Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹ (HAA) con 100.7 y 82.7% respectivamente, con lo que surge la sospecha de alguna fitotoxicidad por la dosis alta de esta formulación (Cuadro 4).

Cuadro 4. Variables de rendimiento en plantas de tomate variedad “persistente” tratadas con aminoácidos hidrolizados (Letras diferentes por cada columna indican diferencias estadísticas significativas según Tukey, p≤0.05).

Vía de aplicación	Tratamiento	Número de racimos	Número total de frutos	Número de frutos grandes	Peso fresco de frutos grandes (g)	Peso total de frutos (g)
Foliar	HEA	6.6 a	31.4 a	13.9 a	817.0 a	995.0 a
	HEB	6.6 a	33.5 a	11.2 ab	829.4 a	1093.0 a
	HAA	5.7 a	26.1 a	6.3 b	364.4 b	544.4 b
	HAB	6.8 a	31.9 a	12.3 a	693.8 ab	836.6 ab
	TA	6.6 a	35.4 a	13.0 a	636.9 ab	858.0 ab
Sustrato	HEA	6.5 a	31.1 a	11.4 a	773.0 a	931.0 a
	HEB	6.5 a	41.1 a	10.9 a	676.0 a	837.6 a
	HAA	6.3 a	30.1 a	11.0 a	577.0 a	703.0 a
	HAB	6.7 a	33.3 a	12.8 a	753.0 a	933.0 a
	TA	6.4 a	37.1 a	15.8 a	755.2 a	861.1 a

HEA: Hidrolizado Enzimático a dosis de 3 L ha⁻¹, HEB: Hidrolizado Enzimático a dosis de 1 L ha⁻¹, HAA: Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹, HAB: Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹, TA: Testigo Absoluto.

Los tratamientos Hidrolizados Enzimáticos a dosis de 1 y 3 L ha⁻¹ incrementaron el peso promedio de frutos grandes en comparación con el testigo. En la aplicación foliar el Hidrolizado Enzimático a dosis de 1 L ha⁻¹ (HEB) incrementó 55.3% y el Hidrolizado Enzimático a dosis de 3 L ha⁻¹ (HEA) aplicado al sustrato aumentó 42% (Figura 4). Esto podría generar un aumento en la producción del cultivo de tomate.

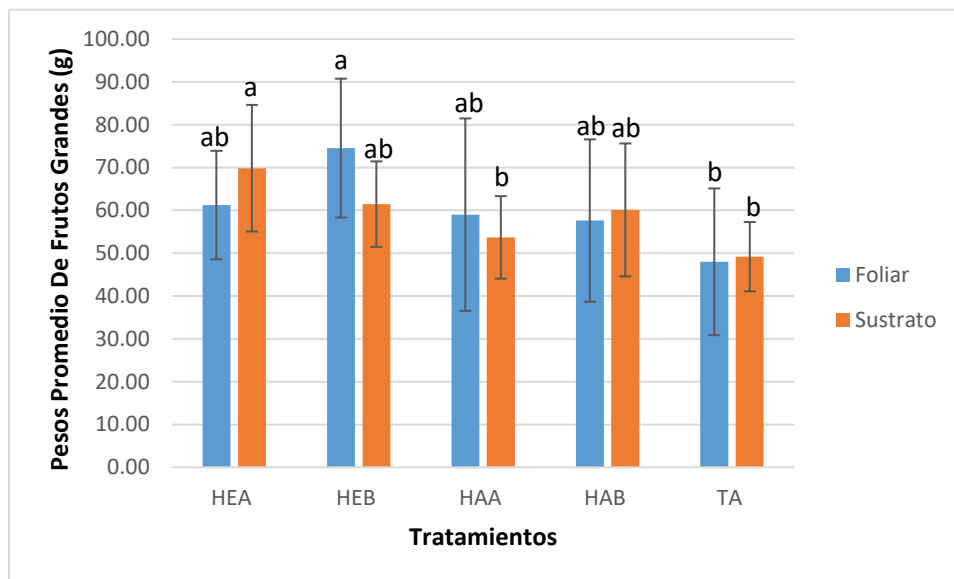


Figura 4. Peso promedio de frutos grandes en plantas de tomate variedad “persistente” tratadas con aminoácidos hidrolizados. HEA: Hidrolizado Enzimático a dosis de 3 L ha⁻¹, HEB: Hidrolizado Enzimático a dosis de 1 L ha⁻¹, HAA: Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹, HAB: Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹, TA: Testigo Absoluto. Letras diferentes por cada columna indican diferencias estadísticas significativas según Tukey, $p \leq 0.05$. Las barras de error representan la desviación estándar.

Estos resultados se relacionan con los resultados reportados por Reyes (2017) al evaluar aminoácidos experimentales y al aplicarlos vía foliar en plantas de tomate donde observó una estimulación positiva en el crecimiento y producción de tomate en invernadero.

Al igual que Botta *et al.* (2007) al aplicar boro con aminoácidos en plantas de tomate encontró mayor porcentaje de frutos grandes y menor porcentaje de frutos pequeños respecto al testigo sin tratar, los resultados demostraron que la aplicación del producto que contiene boro con aminoácidos reduce el descarte de los frutos y aumenta el valor

comercial de estos en el mercado, al mismo tiempo que el producto demuestra una buena alternativa para la producción del cultivo de tomate.

Peña *et al.* (2016) reportan que VIUSID agro, un producto comercial a base de ácido málico y aminoácidos, al aplicarlo de forma foliar muestra un efecto estimulante en la producción de tomate teniendo como resultado efectos positivos en el rendimiento y sus componentes.

Estos efectos positivos se pueden deber a que los aminoácidos favorecen el proceso de proteínas con lo que se produce un ahorro de energía que la planta puede dirigir a otros procesos tales como la floración, cuajado y producción de frutos (Saborío, 2002).

Variables de calidad de fruto

En las variables sólidos solubles totales, pH y acidez titulable no se encontraron diferencias estadísticas tanto en la vía de aplicación foliar como directamente al sustrato (Cuadro 5).

Cuadro 5. Variables de calidad de fruto en plantas de tomate variedad “persistente” tratadas con aminoácidos hidrolizados (Letras diferentes por cada columna indican diferencias estadísticas significativas según Tukey, $p \leq 0.05$).

Vía de aplicación	Tratamiento	Sólidos solubles totales (°Brix)	pH	Acidez Titulable (% Ac. cítrico)
Foliar	HEA	4.233 a	4.403 a	0.352 a
	HEB	4.233 a	4.350 a	0.352 a
	HAA	4.100 a	4.363 a	0.352 a
	HAB	4.733 a	4.353 a	0.413 a
	TA	4.633 a	4.462 a	0.364 a
Sustrato	HEA	5.100 a	4.506 a	0.364 a
	HEB	4.467 a	4.466 a	0.364 a
	HAA	4.467 a	4.396 a	0.328 a
	HAB	4.100 a	4.520 a	0.316 a
	TA	4.200 a	4.550 a	0.340 a

HEA: Hidrolizado Enzimático a dosis de 3 L ha⁻¹, HEB: Hidrolizado Enzimático a dosis de 1 L ha⁻¹, HAA: Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹, HAB: Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹, TA: Testigo Absoluto.

El tratamiento Hidrolizado Enzimático a dosis de 3 L ha⁻¹ (HEA) aplicado de forma foliar aumentó la firmeza del fruto un 118.5% en comparación con el testigo, en cuanto a la aplicación al sustrato el Hidrolizado Ácido a dosis de 1 L ha⁻¹ (HAB) lo superó en un 114. 3% (Figura 5).

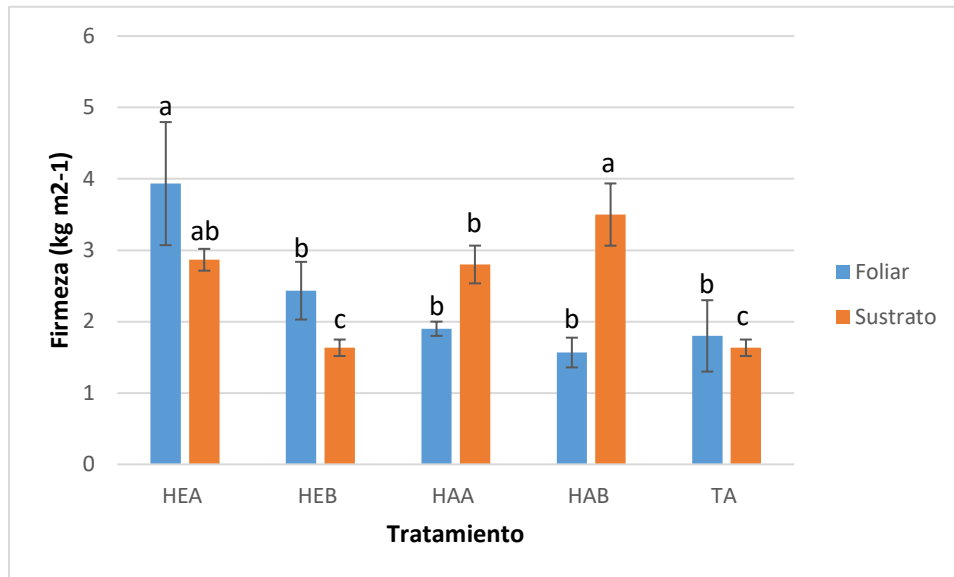


Figura 5. Firmeza de fruto en plantas de tomate variedad “persistente” tratadas con aminoácidos hidrolizados. HEA: Hidrolizado Enzimático a dosis de 3 L ha⁻¹, HEB: Hidrolizado Enzimático a dosis de 1 L ha⁻¹, HAA: Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹, HAB: Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹, TA: Testigo Absoluto. (Letras diferentes por cada columna indican diferencias estadísticas significativas según Tukey, p≤0.05). Las barras de error representan la desviación estándar.

La firmeza es un parámetro importante en la calidad del tomate, porque está íntimamente ligada con el estado de madurez y el tipo de variedad. La mayoría de los consumidores prefieren frutos firmes, ya que los asocian a una mayor vida de anaquel. Además, Tucker (1990) menciona que frutos de tomate pocos firmes son susceptibles al daño físico y consecuentemente, se reduce su resistencia al transporte. Los aminoácidos Hidrolizados Enzimáticos y Ácidos aumentan la firmeza de los frutos de tomate, por lo que esto ayuda a aumentar la vida de anaquel, de mayor resistencia al transporte y por lo tanto se obtienen frutos de mayor calidad para el consumidor final.

La aplicación foliar del tratamiento Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹ (HAA) aumentó el contenido de licopeno en 157.8% en comparación con el testigo. Este mismo tratamiento comparado con el tratamiento HEB aumentó en un 188.2 y 66.6% tanto para la aplicación foliar y sustrato, respectivamente (Figura 6).

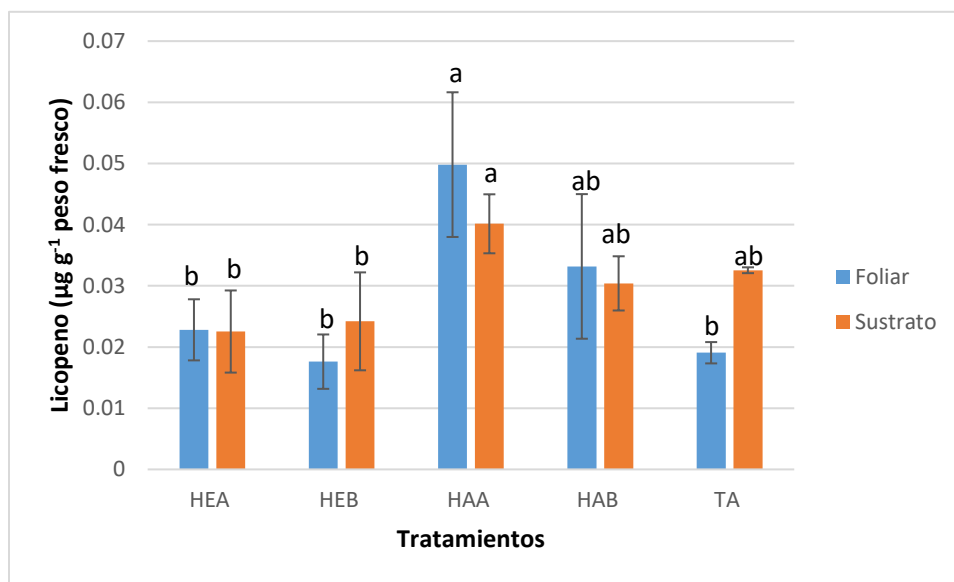


Figura 6. Contenido de licopeno en fruto de plantas de tomate variedad “persistente” tratadas con aminoácidos hidrolizados. HEA: Hidrolizado Enzimático a dosis de 3 L ha⁻¹, HEB: Hidrolizado Enzimático a dosis de 1 L ha⁻¹, HAA: Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹, HAB: Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹, TA: Testigo Absoluto. Letras diferentes por cada columna indican diferencias estadísticas significativas según Tukey, $p \leq 0.05$). Las barras de error representan la desviación estándar.

El licopeno, carotenoide característico del tomate, le confiere su coloración roja y muestra una capacidad antioxidante dos veces más alta que el β -caroteno, por lo que su presencia en la dieta humana se considera de gran interés (Olmedilla, 1999; Shi y Le Maguer, 2000).

Con el tratamiento Hidrolizado Ácido en dosis alta aumenta el contenido de licopeno, lo que se vio reflejado indirectamente en una mayor producción de estrés oxidativo en la planta, disminuyendo el crecimiento y rendimiento, por lo que este tratamiento en dosis altas podría causar toxicidad.

VII. CONCLUSIONES

Al aplicar los aminoácidos en plantas de tomate de manera foliar y directamente al sustrato, el tratamiento Hidrolizado Ácido a dosis de 1 L ha⁻¹ aumentó el diámetro de tallo en un 23 y 14% respectivamente en comparación con el testigo.

La formulación proveniente de hidrolisis enzimática en dosis de 1 L ha⁻¹ aplicada de forma foliar aumentó el peso promedio de frutos grandes en un 55.3%, esta misma formulación a dosis de 3 L ha⁻¹ aplicada al sustrato también aumento un 42% el peso promedio de frutos grandes en comparación al testigo.

La formulación Hidrolizado Enzimático a dosis de 3 L ha⁻¹ aplicada de forma foliar aumentó la firmeza del fruto un 118.5% en comparación con el testigo y en la aplicación al sustrato la formulación aminoácido Hidrolizado Ácido a dosis de 1 L ha⁻¹ superó al testigo en 114.4%.

El tratamiento Hidrolizado Ácido a dosis de 3 L ha⁻¹ aumentó el contenido de licopeno con la aplicación foliar y sustrato, esto explica que la dosis alta de esta formulación provocó estrés oxidativo en las plantas de tomate, es por eso el incremento de licopeno en los frutos ya que el licopeno es un antioxidante natural.

El uso de formulaciones a base de aminoácidos aquí estudiados puede beneficiar la producción intensiva del cultivo de tomate, ya que mostraron efectos positivos en rendimiento y calidad del fruto, aunque se debe tomar precaución en la aplicación de dosis altas, ya que puede causar efectos tóxicos. Estas formulaciones podrían generar una mayor calidad comercial de los frutos, y potencialmente puede aumentar la producción del cultivo de tomate.

VIII. ANEXOS

VARIABLES DE VIGOR DE PLANTA

Altura de planta (Foliar).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	1070	267.6	0.82	0.522
Error	45	14761	328.0		
Total	49	15831			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
TA	10	190.90	A
HEB	10	187.80	A
HEA	10	187.20	A
HAB	10	181.00	A
HAA	10	178.40	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Altura de planta (Sustrato)

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	1065	266.2	0.54	0.704
Error	45	21999	488.9		
Total	49	23064			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HEB	10	186.80	A
HAB	10	182.40	A
HEA	10	178.10	A
TA	10	177.70	A
HAA	10	173.20	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Número de hojas (Foliar)

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	31.52	7.880	1.02	0.407
Error	45	347.70	7.727		
Total	49	379.22			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
TA	10	26.900	A
HEB	10	25.800	A
HEA	10	25.60	A
HAB	10	25.60	A
HAA	10	24.400	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Número de hojas (Sustrato)

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	54.52	13.63	1.27	0.295
Error	45	482.30	10.72		
Total	49	536.82			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
TA	10	27.60	A
HEB	10	26.400	A
HAB	10	25.900	A
HAA	10	25.300	A
HEA	10	24.500	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Diámetro de tallo (Foliar).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	23.44	5.860	4.25	0.005
Error	45	62.00	1.378		
Total	49	85.44			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HAB	10	11.126	A
HEA	10	10.507	A B
HEB	10	9.923	A B
HAA	10	9.901	A B
TA	10	9.073	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Diámetro de tallo (Sustrato).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	11.37	2.8437	5.55	0.001
Error	45	23.07	0.5127		
Total	49	34.45			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HAB	10	9.4700	A
HAA	10	9.209	A B
HEB	10	9.057	A B C
HEA	10	8.338	B C
TA	10	8.283	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Peso fresco de parte aérea (Foliar).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	430083	107521	1.31	0.280
Error	45	3685746	81905		
Total	49	4115829			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
TA	10	1514.2	A
HEA	10	1436.4	A
HAB	10	1377	A
HAA	10	1290	A
HEB	10	1262.7	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Peso fresco de parte aérea (Sustrato).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	117141	29285	0.79	0.535
Error	45	1658966	36866		
Total	49	1776107			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HAB	10	1362.9	A
HEB	10	1295.1	A
TA	10	1294.1	A
HAA	10	1289.5	A
HEA	10	1210.2	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Peso fresco de la raíz (Foliar).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	9656	2413.9	2.65	0.063
Error	20	18210	910.5		
Total	24	27866			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HEA	5	130.3	A
TA	5	114.70	A
HAB	5	90.6	A
HAA	5	85.5	A
HEB	5	77.64	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Peso fresco de la raíz (Sustrato).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	1819	454.7	0.45	0.772
Error	20	20250	1012.5		
Total	24	22069			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HAB	5	126.1	A
TA	5	123.8	A
HAA	5	116.5	A
HEB	5	109.06	A
HEA	5	103.62	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Peso seco de parte aérea (Foliar).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	10417	2604	0.86	0.497
Error	45	136779	3040		
Total	49	147197			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HEB	10	197.3	A
HEA	10	195.3	A
TA	10	181.21	A
HAA	10	167.7	A
HAB	10	161.1	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Peso seco de parte aérea (Sustrato).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	13824	3456	0.49	0.743
Error	45	317455	7055		
Total	49	331280			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HAB	10	239.4	A
TA	10	224.4	A
HEB	10	211.6	A
HAA	10	198.3	A
HEA	10	194.6	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Peso seco de raíz (Foliar).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	80.57	20.143	2.11	0.118
Error	20	191.36	9.568		
Total	24	271.93			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HEA	5	13.48	A
TA	5	11.860	A
HAB	5	10.50	A
HAA	5	9.26	A
HEB	5	8.480	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Peso seco de raíz (Sustrato).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	30.16	7.539	0.18	0.945
Error	20	826.95	41.348		
Total	24	857.11			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
TA	5	15.02	A
HAB	5	14.36	A
HEA	5	13.88	A
HEB	5	13.46	A
HAA	5	11.76	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

VARIABLES DE RENDIMIENTO.

Número de racimos (Foliar).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	7.520	1.8800	2.42	0.062
Error	45	34.900	0.7756		
Total	49	42.420			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HAB	10	6.800	A
TA	10	6.600	A
HEB	10	6.600	A
HEA	10	6.600	A
HAA	10	5.700	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Número de racimo (Sustrato).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	0.8800	0.2200	0.29	0.880
Error	45	33.6000	0.7467		
Total	49	34.4800			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HAB	10	6.700	A
HEB	10	6.500	A
HEA	10	6.500	A
TA	10	6.400	A
HAA	10	6.300	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Número de frutos (Foliar).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	484.1	121.03	1.63	0.183
Error	45	3343.1	74.29		
Total	49	3827.2			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
TA	10	35.40	A
HEB	10	33.50	A
HAB	10	31.90	A
HEA	10	31.40	A
HAA	10	26.10	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Número frutos (Sustrato).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	837.3	209.32	2.28	0.075
Error	45	4128.9	91.75		
Total	49	4966.2			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HEB	10	41.10	A
TA	10	37.30	A
HAB	10	33.30	A
HEA	10	31.10	A
HAA	10	30.10	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Número frutos grandes (Foliar).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	356.5	89.13	4.68	0.003
Error	45	856.7	19.04		
Total	49	1213.2			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HEA	10	13.90	A
TA	10	13.00	A
HAB	10	12.30	A
HEB	10	11.200	A B
HAA	10	6.30	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Número frutos grandes (Sustrato).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	169.3	42.32	1.07	0.382
Error	45	1776.5	39.48		
Total	49	1945.8			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
TA	10	15.80	A
HAB	10	12.80	A
HEA	10	11.40	A
HAA	10	11.00	A
HEB	10	10.90	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Peso fresco de frutos grandes (Foliar).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	1419856	354964	4.22	0.005
Error	45	3782910	84065		
Total	49	5202766			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HEB	10	829.4	A
HEA	10	817	A
HAB	10	693.8	A B
TA	10	636.9	A B
HAA	10	364.4	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Peso fresco de frutos grandes (Sustrato).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	267749	66937	0.46	0.765
Error	45	6548896	145531		
Total	49	6816645			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HEA	10	773	A
TA	10	755.2	A
HAB	10	753	A
HEB	10	676	A
HAA	10	577	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Peso promedio de frutos grandes (Foliar).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	3639	909.6	2.88	0.033
Error	45	14227	316.2		
Total	49	17866			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HEB	10	74.54	A
HEA	10	61.23	A B
HAA	10	59.00	A B
HAB	10	57.63	A B
TA	10	47.98	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Peso promedio de frutos grandes (Sustrato).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	2493	623.4	4.34	0.005
Error	45	6458	143.5		
Total	49	8951			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HEA	10	69.84	A
HEB	10	61.46	A B
HAB	10	60.09	A B
HAA	10	53.69	B
TA	10	49.18	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Peso total de fruto (Foliar).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	1727100	431775	3.96	0.008
Error	45	4908276	109073		
Total	49	6635376			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HEB	10	1093	A
HEA	10	995	A
TA	10	858	A B
HAB	10	836.6	A B
HAA	10	544.4	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Peso total de fruto (Sustrato).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	353034	88258	0.58	0.681
Error	45	6893943	153199		
Total	49	7246977			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HAB	10	933	A
HEA	10	931	A
TA	10	861.1	A
HEB	10	837.6	A
HAA	10	703	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

VARIABLES CALIDAD DE FRUTO

Firmeza de fruto (Foliar).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	10.889	2.7223	11.25	0.001
Error	10	2.420	0.2420		
Total	14	13.309			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HEA	3	3.933	A
HEB	3	2.433	B
HAA	3	1.9000	B
TA	3	1.800	B
HAB	3	1.567	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Firmeza de fruto (Sustrato).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	8.1773	2.04433	32.97	0.000
Error	10	0.6200	0.06200		
Total	14	8.7973			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
HAB	3	3.500	A
HEA	3	2.8667	A B
HAA	3	2.800	B
TA	3	1.6333	C
HEB	3	1.6333	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Solidos solubles totales (°Brix) Foliar.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	0.9307	0.2327	0.75	0.581
Error	10	3.1067	0.3107		
Total	14	4.0373			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HAB	3	4.733	A
TA	3	4.633	A
HEB	3	4.233	A
HEA	3	4.233	A
HAA	3	4.100	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Solidos solubles totales (°Brix) Sustrato.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	4	1.820	0.4550	2.43	0.116
Error	10	1.873	0.1873		
Total	14	3.693			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
TA	3	5.100	A
HEB	3	4.467	A
HAA	3	4.467	A
HEA	3	4.200	A
HAB	3	4.100	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

pH (Foliar).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	0.01383	0.003457	1.27	0.345
Error	10	0.02727	0.002727		
Total	14	0.04109			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
TA	3	4.4267	A
HEA	3	4.4033	A
HAA	3	4.3633	A
HAB	3	4.3533	A
HEB	3	4.3500	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

pH (Sustrato).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	0.04204	0.010510	2.97	0.074
Error	10	0.03540	0.003540		
Total	14	0.07744			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
TA	3	4.5500	A
HAB	3	4.5200	A
HEA	3	4.5067	A
HEB	3	4.4667	A
HAA	3	4.3967	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Acides titulable (Foliar).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	0.008340	0.002085	0.64	0.649
Error	10	0.032826	0.003283		
Total	14	0.041166			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HAB	3	0.4134	A
TA	3	0.3648	A
HEB	3	0.3526	A
HAA	3	0.3526	A
HEA	3	0.3526	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Acides titulable (Sustrato).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	0.005678	0.001420	0.70	0.612
Error	10	0.020405	0.002041		
Total	14	0.026083			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HEB	3	0.3648	A
HEA	3	0.3648	A
TA	3	0.3405	A
HAA	3	0.3283	A
HAB	3	0.3162	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Licopeno (Foliar).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	0.002149	0.000537	8.21	0.003
Error	10	0.000654	0.000065		
Total	14	0.002803			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HAA	3	0.04982	A
HAB	3	0.03318	A B
HEA	3	0.02281	B
TA	3	0.01907	B
HEB	3	0.01761	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Licopeno (Sustrato).

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	0.000597	0.000149	4.90	0.019
Error	10	0.000304	0.000030		
Total	14	0.000901			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
HAA	3	0.04014	A
TA	3	0.032552	A B
HAB	3	0.03040	A B
HEB	3	0.02420	B
HEA	3	0.02253	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agroterra The Leading AgriMarketplace. 2013. Bioestimulantes uso u composición. <http://www.agroterra.com/blog/descubrir/bioestimulantes-uso-y-composicion/77229/>.
- Alarcón, A.L. 2000. Tecnología para cultivos de alto rendimiento. Novedades agrícolas S.A. Torres Pacheco (Murcia). 1º edición. pp. 175-186.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, 15th ed. Arlington, Virginia, USA. Pp. 384.
- Araus, José Luis, Gustavo A. Slafer, Conxita Royo, and M. Dolores Serret. 2008. Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. *Critical Reviews in Plant Science* 27: 377-412.
- Botta, A.; Marcón, M.; Martín, C.; Sierras, N.; Carrión, M. Piñol, R. 2007. Mejora en Cuajo y Calibre Tras la Aplicación de Boro con Aminoácidos en Diferentes Cultivos. *Actas de Horticultura n°48*. Sociedad Española de Ciencias Horticola. Argentina. 592-595.
- Campbell, P., Smith, A. Peters, T. *Bioquímica Ilustrada* (quinta edición). MASSON Una compañía ELSEVIER. Barcelona España. pp. 227.
- Campo, A., Alvares, A., & Batista, E. (n.d). Evaluacion del efecto del bionutriente FitoMas-E con diferentes momentos de aplicación en el cultivo *Lycopersicon esculentum*, mil (tomate) de la variedad HA-30-19, en la Granja horticola Brisas del municipio Holguín., (March 2011).

- Cervantes, M. 2008. Fisiología Vegetal, cultivos ornamentales, Barcelona (España) AEDOS. pp. 66-77.
- CINAFA. 2017. Bioestimulantes. <http://cinafa.es/bioestimulantes/>
- **EBIO** European Bioestimulants Industry Council (2013). Promoting the bioestimulant industry and the role of plant bioestimulants in making agricultura more sustainable. <http://www.biostimulants.eu/>
- Estudillo, A.A. 2017. Efecto de Extractos de Algas Marinas y Aminoácidos en el Crecimiento de Lechuga (Lactuca Sativa L.) Bajo un Sistema de Raíz Flotante. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de horticultura. Saltillo, Coahuila México.
- FIRA 2016. Panorama Agroalimentario “Tomate rojo”. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200635/Panorama_Agroalimentario_Tomate_Rojo_2016.pdf
- Gallardo R, N. G. 1998. Efecto de la aplicación de bioestimulantes en floración de palto (Persea americana) Mill. cv. Hass sobre la cuaja y retención de frutos. Universidad Católica de Valparaíso Chile. (En línea). Recuperado el 07 de septiembre de 2012. Disponible en: <http://www.fichier-pdf.fr/2012/05/23/biost-avocatier/biost-avocatier.pdf>
- Hartmann, H. J., W. J. Flocker and A.M. Kofranek. 1981. PLANT SCIENCE. Growth, Development, and Utilization of Cultivated Plants.
- PRENTICE-HALL, INC. Englewood Cliffs, New Jersey 07632. USA.
- HORTALIZAS. 2013 Producción de Tomates en Invernadero en México. <http://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/produccion-de-tomates-en-invernadero-en-mexico/>

- Intagri. 2015. Bioestimulantes en nutrición, fisiología y estrés vegetal. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/bioestimulantes-en-nutricion-fisiologia-y-estres-vegetal#sthash.aYBpq4aj.Nu1jcKCY.dpbs>.
- Kamara, K. A. 2000. Catálogo de productos Intrakam. S.A. DE C.V. Saltillo, Coahuila México.
- Kvesitaze, G. 1992. La influencia de preparados de aminoácidos sobre la actividad endógena transcripción de núcleos y cloroplastos de las hojas de algunas leguminosas. Instituto de Bioquímica de plantas de la Academia de las ciencias de la República de Georgia.
- Kvesitaze, G. Y. Sadunishvill, T. 1996. Effects and Mechanism of Actino of Amonoacid Preparations on Ammonia Assimilation and Cell Protein Synthesizing Apparatus in Legumes. Institute of Plant Biochemistry. Georgian Academy of Sciences.
- Liñan, L.M. 2001. Incidencia de sustancias húmicas comerciales sobre microorganismo del suelo. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.
- López, R., R. Montano, and R. Caminero. “Aplicación de diferentes dosis de FitoMas-E en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) Variedad ARO 8484 en condiciones de organopónico en la provincia de Santiago de Cuba “Universidad de Guantánamo. 2007.
- Nuñez, E.R 1998. Principios de fertilización con abonos orgánicos. Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios organicos. AGT Editor S.A. de C.V. México, D.F. 348 p.

- PEÑA, E.M.; HAVEL, J.; PATOČKA, J. 2005. Humic substances—compounds of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment, and biomedicine. *J. Appl. Biomed. (Czech Republic)*. 3(1):13-24.
- Reyes, C.P. 1992. Diseños de experimentos aplicados: agronomía, biología, química, industrias, ciencias sociales, ciencias de la salud. 3a. Ed. Trillas S.A. de C.V. México, D.F. 348 p.
- Saborío F. 2002. Fertilización foliar: principios y aplicaciones. Bioestimulantes en la fertilización foliar. Universidad de Costa Rica, Centro de investigaciones agronómicas, Laboratorio de suelos y foliares. Costa Rica. 145 p.
- SAGARPA 2016. Exportaciones de Tomate aumentan un 22.7 por ciento en cinco meses.
http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JA_C0351-17.aspx.
- SAGARPA, 2010. Monografía de cultivos “Jitomate”.
<http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documents/Monografias/Jitomate.pdf>
- Sanabria. 2011. Beneficio de aminoácidos ante situaciones de estrés del cultivo. Disponible en <http://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/beneficios-de-aminoacidos-ante-situaciones-de-estres-del-cultivo/>.
- Sánchez del C., F. 2008. Prospectivas de horticultura protegida en México. *In*: Modulo I. Introducción y fundamentos de la horticultura protegida. Primer curso de especialización en horticultura protegida. UACH. Departamento de fitotecnia.
- **SINAREFI** Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas Recursos Filogenéticos para la Alimentación y Agricultura (2014). Red Jitomate.
http://www.sinarefi.org.mx/redes/red_jitomate.html#encabezado.

- Taiz, L., Zeiger, E. 1998. Plant Physiology. Second Edition. Sinauer Associates, inc. Publishers. Mass.
- Tecnoquímica, Mk. 2005. Monografía de la respuesta de la rosa a la aplicación de Crops Star. 36 p.
- Tucker, G.A.; Robertson N.G and Grierson D. 1980. Changes in poligalacturonaseisoenzymes during the rip-ening of normal and mutant tomato fruit. Biochem. 112:119-124.
- Viera, El and P.R.C Castro. 2004. Uso de bioestimulantes en la cultura de soja (Glycine max (L) Merrill). Cosmópolis: Stoller do Brasil. Pp23.
- Zoberbac, 2001. Biología Celular.
<http://www.safes.es/Zoberbac/esp/queson.html>