

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Bioestimulación a Base de Ácidos Húmicos y Proteínas de Origen Vegetal en el Crecimiento, Rendimiento y Calidad de Fruto en Mini Pimiento (*Capsicum annum* L.) en Condiciones de Invernadero.

Por:

VÍCTOR ADRIÁN MARTÍNEZ GONZÁLEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Bioestimulación a Base de Ácidos Húmicos y Proteínas de Origen Vegetal en el
Crecimiento, Rendimiento y Calidad de Fruto en Mini Pimiento (*Capsicum
annum* L.) en Condiciones de Invernadero.

Por:

VÍCTOR ADRIÁN MARTÍNEZ GONZÁLEZ

TESIS

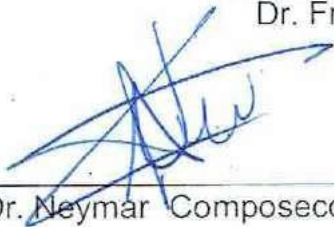
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



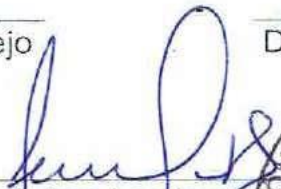
Dr. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza
Asesor Principal



Dr. Neymar Composeco Montejo
Coasesor



Dr. Antonio Flores Naveda
Asesor



Dr. Jerónimo Landeros Flores
Coordinador Interno de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2023

DERECHOS DE AUTOR Y DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

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

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

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

Pasante



C. Victor Adrián Martínez González

DEDICATORIA

A mis padres Víctor Hugo Martínez López y Adriana González Miranda quienes han sido mi pilar principal en mi formación personal y profesional, así como mi motor en el día a día brindándome todo su apoyo y que, sin su sacrificio, no hubiera podido alcanzar este logro.

Por sus amplios consejos, pláticas y regaños los cuales han sido de suma importancia para mi vida trascendental, así como impulsarme a ser mejor persona cada día, por todo ese gran amor que me han dado, eternamente agradecido con ustedes.

A mis hermanos Sergio André Martínez González y Paulina Mayte Martínez González quienes han sido mi mayor motivación en la lucha por mejorar constantemente para así, darles el mejor de los ejemplos. Además de todos esos buenos momentos que me han brindado en ocasiones difíciles.

A mis abuelos Andrés González Torres, Celerina García, Sergio Martínez y Agripina López quienes siempre me han brindado un inmenso apoyo y que con sus pláticas me han motivado y encaminado para ser alguien en la vida y lograr todas mis metas.

A Marianela Echeveste Hernández por ser la persona con la cual recorrí la mayor parte de este trayecto, quien no solo estuvo en momentos buenos, sino también en los peores, por brindarme todo su apoyo moral y emocional ante cualquier situación, por su madurez ante las cosas, sus consejos, regaños y todo ese amor que me entrego. Por aguantarme en muchas ocasiones dándome ese impulso y motivación creyendo cada día en mí.

GRACIAS infinitas a todos ustedes, quienes, sin su apoyo, todo esto hubiera sido más complicado. Agradezco la confianza que se me brinda.

Todo mi esfuerzo, sacrificios y logros son para ustedes que me fortalecieron y me ayudaron a cumplir esta gran meta.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme salud y así poder cumplir esta meta, por ponerme en mi camino a muchas personas que me ayudaron y ayudaran, por guiarme por buen camino y seguir creciendo como persona.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mi Alma Terra Mater, por brindarme los mejores conocimientos profesionales, así como la sabiduría de afrontar diversas situaciones en el día a día, por ser una universidad la cual me dio tanto de ella en donde viví experiencias inolvidables.

Al Dr. Carlos Javier Lozano Cavazos por guiarme en este proyecto y colaborar de la mejor manera, además, por sus buenos consejos, platicas y aprendizajes brindados, los cuales fueron de mucha importancia para mí.

Al Dr. Francisco Gordillo Melgoza quien fue participe de este proyecto y quien con sus conocimientos contribuyo a la realización de este trabajo, además, por sus buenos aprendizajes y platicas que me brindo.

Al Dr. Antonio Flores Naveda quien contribuyo para que este proyecto se llevara a cabo de la mejor manera.

A mis compañeros German Amador, Francisco Jacob, Javier Ramírez y Santiago Rojo, quienes me apoyaron, aconsejaron, regañaron y estuvieron siempre cuando los necesite, me demostraron lo mucho que una amistad puede alcanzar, por todas esas anécdotas, risas y aprendizajes vividos.

A mis compañeros Luis Rey Flores, Raúl Obregón, Paulina Aboytes, Vicente Zarzosa, Carlos Carmona, Arnoldo García, con quienes conviví mi estancia universitaria y vivimos muchas experiencias juntos.

A los Ingenieros Eduardo Alonso, Víctor Villanueva, quienes me brindaron muchos conocimientos profesionales, así como apoyo personal el cual, me ayudo a ser mejor persona.

ÍNDICE

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	5
ÍNDICE DE CUADROS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
RESUMEN	12
I.- INTRODUCCIÓN	14
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.3 HIPÓTESIS	18
II. REVISIÓN DE LITERATURA	19
2.1 Antecedentes y origen del cultivo	19
2.2 Importancia del Mini Pimiento	20
2.3 Características agronómicas del Mini Pimiento	21
2.4 Sistemas de producción orgánica en cultivo sin suelo bajo cubierta	22
2.5 Cultivos sin suelo	22
2.6 Bioestimulación de Cultivos	23
2.7 Ácidos Húmicos	25
2.8 Proteínas Hidrolizadas	26
2.9 Nanoemulsiones	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1 Localización del sitio experimental	29
3.2 Material genético	29
3.3 Trasplante	29

3.4 Tratamientos.....	30
3.5 Descripción de productos utilizados (bioestimulantes)	32
3.5.1 Humega pro.....	32
3.5.2 Trainer	33
3.5.3 Fusion-start organic.....	34
3.6 Manejo del cultivo	34
3.6.1 Nutrición y riego	34
3.6.2 Descripción de fertilizantes orgánicos nanoemulsificados.....	35
3.6.3 Polinización	36
3.6.4 Tutorio	36
3.6.3 Poda	37
3.6.6 Control de plagas y enfermedades.....	37
3.7 Variables agronómicas evaluadas	39
3.7.1 Variables de crecimiento, morfológicas y de sensor óptico	39
3.7.2 Variables de rendimiento y calidad del fruto	40
3.8 Diseño experimental y análisis estadístico	42
IV. - RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1 Rendimiento por planta.....	44
4.2 Peso promedio del fruto.....	45
4.3 Firmeza del fruto.....	47
4.4 Número de frutos por planta	48
4.5 Sólidos solubles totales (SST).....	49
4.6 Diámetro polar del fruto	51
4.7 Diámetro ecuatorial del fruto.....	52
4.8 Número de lóculos por fruto	53
4.9 Grosor de pericarpio	54
4.10 Altura de la Planta	55
4.11 Índice de Clorofila (SPAD).....	56

4.12 Análisis Multivariado (BIPLOT).....	57
4.13 Análisis de conglomerados.....	58
CONCLUSIONES	59
APENDICE.....	60
LITERATURA CITADA	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Tratamientos evaluados en el cultivo de mini pimiento bajo cubierta.	32
Cuadro 2 Representación esquemática de la distribución de tratamientos en la parcela experimental del cultivo de mini pimiento.....	42
Cuadro 4 Cuadros medios para las variables de rendimiento en mini pimiento (Capsicum annum L.).....	60
Cuadro 5 Cuadros medios para las variables de calidad en mini pimiento (Capsicum annum L).	60
Cuadro 6 Cuadros medios para las variables de crecimiento de la planta de mini pimiento (Capsicum annum L).	60
Cuadro 7 Vectores y valores propios de los componentes principales en variables de calidad, rendimiento y morfológicas de 12 tratamientos en mini pimiento (Capsicum annum L.) bajo condiciones de invernadero.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en el rendimiento de mini pimiento (*Capsicum annuum* L) bajo cubierta.. 45
- Figura 2.** Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en el peso promedio del fruto de mini pimiento (*Capsicum annuum* L) bajo cubierta.. 46
- Figura 3.** Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en la firmeza del fruto de mini pimiento (*Capsicum annuum* L) bajo cubierta... 47
- Figura 4.** Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en el número de frutos por planta de mini pimiento (*Capsicum annuum* L) bajo cubierta..... 48
- Figura 5.** Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en los sólidos solubles totales (SST) de mini pimiento (*Capsicum annuum* L) bajo cubierta..... 50
- Figura 6.** Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en el diámetro polar del fruto de mini pimiento (*Capsicum annuum* L) bajo cubierta.. 51
- Figura 7.** Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en el diámetro ecuatorial del fruto de mini pimiento (*Capsicum annuum* L) bajo cubierta..... 52

Figura 8. Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en el número de lóculos por fruto de mini pimiento (*Capsicum annuum* L) bajo cubierta.). 53

Figura 9. Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en el grosor de pericarpio de mini pimiento (*Capsicum annuum* L) bajo cubierta.. 54

Figura 10 Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en la altura de la planta de mini pimiento (*Capsicum annuum* L) bajo cubierta.. 55

Figura 11 Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en el índice de clorofila (SPAD)de mini pimiento (*Capsicum annuum* L) bajo cubierta..... 56

Figura 12 Dispersión grafica de 12 tratamientos en mini pimiento (*Capsicum annuum* L.), considerando variables de calidad, rendimiento y morfológicas. 57

Figura 13 Comportamiento de la altura de planta en el cultivo de mini pimiento (*Capsicum annuum* L) en diferentes tratamientos bajo condiciones de invernadero..... 61

Figura 14 Comportamiento del diámetro del tallo de planta en el cultivo de mini pimiento (*Capsicum annuum* L) en diferentes tratamientos bajo condiciones de invernadero..... 61

Figura 15 Comportamiento del índice de clorofila (spad) en la planta en el cultivo de mini pimiento (*Capsicum annuum* L) en diferentes tratamientos bajo condiciones de invernadero. 62

RESUMEN

El cultivo de hortalizas mini ha sido una alternativa de diversificación de la actividad productiva y se introdujo en Europa con la idea de mejorar las bondades nutritivas de la alimentación. Se están produciendo materiales mini de diferentes especies, colores, formas y propiedades funcionales, que los hacen alimentos atractivos con altos contenidos en azúcares, fibra y compuestos antioxidantes. Actualmente, los consumidores europeos y norteamericanos están muy interesados en el origen de las hortalizas que consumen, enfatizando su preocupación por la posible contaminación principalmente con el uso de agroquímicos. El camino más desarrollado, aún con sus deficiencias de origen, es la agricultura orgánica. Dicho esto, es una prioridad la búsqueda de técnicas que promuevan el crecimiento y la productividad de los cultivos.

En este contexto, tanto en el ámbito de la agricultura convencional como ecológica, hay un tipo de producto cada vez más utilizado, cuyos beneficios se hacen evidentes día a día: **Los bioestimulantes**.

Existen muchas definiciones sobre los que son los bioestimulantes; sin embargo, una de las más aceptadas a nivel mundial es la del Dr. Patrick du Jardin, la cual dice que los bioestimulantes son cualquier sustancia o microorganismo que al aplicarse a las plantas, son capaces de mejorar la eficacia de éstas en la absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia al estrés abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente del contenido en nutrientes de la sustancia. Es decir, un Bioestimulante vegetal deberá ser un producto que estimule los procesos de nutrición de la planta independientemente del contenido de nutrientes del producto con el único objetivo de mejorar una o más de las siguientes características de la planta y/o rizósfera: (eficiencia en el uso de nutrientes, tolerancia al estrés abiótico, y calidad del cultivo). Por extensión, también se considera como un bioestimulante vegetal a los productos comerciales que contienen mezclas de estas sustancias o microorganismos.

Dicho esto, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de dos tipos de bioestimulantes y dos concentraciones (2.5 y 5.0 ml L⁻¹) tanto en aplicación foliar como en drench, sobre los parámetros de crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en plantas de Mini Pimiento en condiciones de invernadero.

Como programa de fertilización base se utilizó una solución nutritiva orgánica a base de macro y micronutrientes orgánicos nanoemulsificados con base a la solución nutritiva propuesta por Steiner (1984).

Dicho esto, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de dos tipos de bioestimulantes y dos concentraciones (2.5 y 5.0 ml L⁻¹) tanto en aplicación foliar como en drench, sobre los parámetros de crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en plantas de Mini Pimiento en condiciones de invernadero.

Las variables evaluadas fueron rendimiento, firmeza de fruto, peso promedio de fruto, número de frutos, diámetro ecuatorial del fruto, diámetro polar del fruto, grosor de pericarpio, Sólidos solubles totales, altura de la planta y nivel de clorofila (SPAD)

Se realizó un análisis de varianza en el programa Statistical Analysis System (SAS® versión 9.4) con el diseño bloques completos aleatorizados con un arreglo factorial (4 x 3), encontrando diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en todas las variables en estudio, empleándose el método de Tukey ($\alpha = 0.05$), para comparación de medias.

I.- INTRODUCCIÓN

El género *Solanaceae* está compuesto por más de 40 especies que pertenecen al género *Capsicum*, hay 5 especies de pimientos, (*C. annuum*, *C. frutescens*, *C. baccatum*, *C. chinense* y *C. pubescens*), dicho género son un cultivo de suma importancia ya que se consumen en todo el mundo. (Heidmann *et al*, 2011)

El sector hortícola se encuentra constantemente sometido a un proceso de cambio el cual requiere la implementación de estrategias para innovar sus productos. Dicho esto, una alternativa para diversificar la producción, es el cultivo de mini-hortalizas que ha presentado ventajosas oportunidades en el sector económico. La expansión de dichas mini-verduras, comenzó en la década de 1990 en Europa y a partir de ahí se ha expandido por todo el mundo. En la actualidad, el Mini Pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una de las hortalizas que, en su poco trayecto conocido por los consumidores, se ha convertido en una hortaliza de las más consumidas en el mundo, además de esto, ha sido reconocida como un alimento con alto valor nutritivo. (Giacomin *et al*, 2021)

Una de las plantas más cultivadas en el mundo, perteneciente a la familia de las solanáceas, el 90% de su consumo es en Estados Unidos. Este consumo se debe en gran medida a la presencia de nutrientes, color, forma y tamaño, pero sobre todo a su característico sabor dulce. (Guzmán Gortari *et al.*, 2018)

Esta hortaliza es reconocida por sus grandes propiedades nutrimentales y químicas ya que sus frutos son una gran fuente de vitaminas A, B, C y E, así como de compuestos antioxidantes que contiene carotenoides y compuestos fenólicos, además, poseen de colores, forma y aroma muy atractivos para los consumidores. (Giacomin *et al*, 2021)

La gran demanda y saturación del mercado de hortalizas producidas en invernadero obliga a los productores buscar nuevas alternativas para hacer más eficiente su trabajo. Un cultivo que ha adquirido mucha aceptación en mercados es el pimiento mini ya que gracias a su sabor más dulce que las otras variedades,

con excepción del italiano rojo, son demandados por los consumidores. Dentro de este tipo existen diferentes variantes como el mini blocky (mini bell pepper) o mini cónicos (mini sweet peppers) (INTAGRI, S/f).

La gran demanda que se está viviendo en el mundo en donde cada vez el medio ambiente exige un mayor cuidado ha provocado que el uso de fertilizantes químicos dé un impacto negativo en los agro-ecosistemas tales como la pérdida de suelo ya sea por degradación o compactación he incluso la pérdida de fertilidad, además la reducción de la biodiversidad y la gran contaminación de aguas, lo cual tiene un efecto negativo en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Hernández *et al.*, 2014). La principal innovación que enfrenta este problema es la agricultura orgánica, que tiene como objetivo mejorar el contenido de nutrientes del suelo mediante la adición de fertilizantes orgánicos para reducir el uso de diversos factores químicos o sintéticos, como fertilizantes. (Ramos y Terry, 2014).

El desarrollo y la aplicación de nuevos tipos de fertilizantes que utilizan nanotecnología son una de las opciones potencialmente efectivas para el mejoramiento significativo de la producción mundial de alimentos. La nanotecnología no solo puede proteger los cultivos y productos alimenticios de plagas, sino que también se emplea para aumentar la producción y calidad de los cultivos. Fertilizantes en forma de nanoemulsiones se utilizan para aumentar la potencia de ingredientes activos o para reducir potencialmente la cantidad de fertilizante que debe ser aplicado. Otras de las aplicaciones de los nanomateriales en la agricultura son la gestión de residuos agrarios (mediante nanofibras de algodón), el proceso de purificación del agua y la limpieza de suelos (Meena, 2017).

La creciente demanda de alimentos como resultado del aumento de la población mundial ha impulsado el uso a gran escala de fertilizantes. Como resultado de las limitaciones de recursos y la baja eficiencia de uso de los fertilizantes, el costo para el agricultor está aumentando dramáticamente. La nanotecnología ofrece un gran potencial para adaptar la producción de

fertilizantes con la composición química deseada, mejorar la eficiencia del uso de nutrientes que puede reducir el impacto ambiental y aumentar la productividad de la planta. Además, la liberación controlada y la entrega dirigida de ingredientes activos a nanoescala pueden aprovechar el potencial de una agricultura sostenible y de precisión (Liu y Lal, 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 resistentes ante condiciones adversas, como sequías o el ataque de plagas, entre otras. Los bioestimulantes se enmarcan en una categoría de productos tan novedosa que su reglamentación a nivel mundial aún no está completamente cerrada. Sin embargo, existe cierto consenso entre científicos, reguladores, productores y agricultores en la definición de las categorías principales de productos bioestimulantes (García, 2017).

En este contexto, los ácidos húmicos pertenecen al grupo de sustancias húmicas, incrementan la permeabilidad de la membrana, favoreciendo la asimilación radical y las aplicaciones foliares de nutrimentos. Favorece la traslocación de macro y micronutrientes dentro de la planta lográndose un mejor aprovechamiento de los mismos, participan en la fotosíntesis ayudando a estimular la producción de clorofila. Los ácidos húmicos también tienen importancia en la producción de iones minerales y son reconocidos por su habilidad de hacer a las vitaminas y minerales absorbibles para las plantas. Además, la aplicación de ácidos húmicos al suelo favorece especialmente la formación de agregados y mejora la estructura del suelo (INTAGRI, S/f).

Por otra parte, los hidrolizados de proteínas han recibido mayor atención en los últimos años debido a sus efectos positivos en el desarrollo de los cultivos y su contribución a la sostenibilidad agroecológica (Xu y Mou, 2017). Los hidrolizados de proteínas son mezclas de polipéptidos, oligopéptidos y aminoácidos libres obtenidos mediante hidrólisis parcial (química o enzimática) de subproductos agroindustriales de origen animal o vegetal (Ertani *et al.*, 2013; Colla *et al.*, 2016). Los hidrolizados de proteína se usan ampliamente en cultivos

agrícolas en gran parte para mejorar la absorción de nutrimentos, el crecimiento, el rendimiento, la calidad de los frutos y la tolerancia de los cultivos al estrés abiótico (salinidad, sequía, térmica y nutricional) (Feitosa de Vasconcelos *et al.*, 2009; Botta, 2013; Colla *et al.*, 2013; du Jardin, 2015; Lucini *et al.*, 2015; Colla *et al.*, 2017b). El efecto positivo en las plantas al adicionar hidrolizados de proteína se debe principalmente a que estos promueven la activación de enzimas involucradas en la asimilación de nitrógeno y el metabolismo del carbono y el aumento de las actividades similares a las auxinas y giberelinas (Ertani *et al.*, 2009; Colla *et al.*, 2014, 2015).

Dado que los hidrolizados de proteína derivados de las plantas se producen a través de hidrólisis enzimática, los hidrolizados obtenidos contienen una mayor proporción de péptidos y menor de aminoácidos libres, principalmente ácido aspártico y glutámico, ambos involucrados en el metabolismo del N; así mismo, presentan un alto contenido de triptófano, el cual es precursor de auxinas (Colla *et al.*, 2015; Colla *et al.*, 2016; Colla *et al.*, 2017a). Además, los hidrolizados de origen vegetal tienen alto contenido de carbohidratos solubles, fenoles y fitohormonas (Calvo *et al.*, 2014; Colla *et al.*, 2015)

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de dos tipos de bioestimulantes con diferentes combinaciones en cuanto a nivel de concentración y método de aplicación en variables de crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en el cultivo de Mini Pimiento en condiciones de invernadero

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el crecimiento, rendimiento y calidad de fruto con la aplicación de diferentes dosis de bioestimulantes en el cultivo de mini pimiento, comparado con el testigo sin aplicación (solución nutritiva orgánica).
- Evaluar el crecimiento, rendimiento y calidad de fruto utilizando dos diferentes métodos de aplicación de bioestimulantes (foliar y drench) en el cultivo de mini pimiento, comparado con el testigo sin aplicación (solución nutritiva orgánica).

1.3 HIPÓTESIS

Al aplicar proteínas hidrolizadas y ácidos húmicos de manera conjunta se incrementa el rendimiento y calidad de fruto de mini pimiento, independientemente del nivel de concentración y método de aplicación.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Antecedentes y origen del cultivo

McLeod *et al.* (1982) mencionan que el Género (*Capsicum*) tuvo origen en Bolivia en donde a partir de ahí, emigro hacia los Andes y la Amazonia donde fueron definiéndose diversas especies a consecuencia de la adaptación que se tuvo en los diversos hábitats.

Todas las especies del género, excepto la silvestre (*C. anomalum*), de origen euroasiático, son originarias de América, donde se encontraron restos de (*Capsicum*) en cuevas de Guitarrero y Pachamamay (Perú) datados entre 8600 y 8000 a.C., así como en el valle del Tehuacán (México), datados entre 6500 y 5500 a.C. (Nuez *et al.*, 1996).

Por lo que genetistas coinciden en que la región andina es el centro primario de origen de *Capsicum* pudiéndose considerar México como otro centro de origen secundario.

El cultivo de hortalizas mini comenzó como una alternativa de diversificación de la actividad productiva y con la idea de mejorar las bondades nutritivas de la alimentación. En España, en 1989, apareció el primer producto de esta clase, el tomate Cherry. En la actualidad se ha venido innovando con otro tipo de hortalizas de tamaño pequeño como pepino, pimiento y berenjena, entre otros, de los cuales ya existe una incipiente aceptación (Salas-García, 2014).

Hace varios años, la empresa Master Touch encontró un nicho de mercado en la producción exclusiva de pimientos mini que habían sido desarrollados por una empresa holandesa y cuya exclusividad garantizaba el éxito de la operación. A pesar del éxito de la exclusividad, la producción de pimientos mini ha crecido notablemente hasta convertirse en una opción de negocio en varias regiones de producción. Lo que ha hecho atractivo este cultivo es su buen precio y estabilidad del mismo, de hasta \$4 dólares por kilogramo (INTAGRI, S/f).

2.2 Importancia del Mini Pimiento

El cultivo de hortalizas mini ha sido una alternativa de diversificación de la actividad productiva y se introdujo en Europa con la idea de mejorar las bondades nutritivas de la alimentación. Se están produciendo materiales mini de diferentes especies, colores, formas y propiedades funcionales, que los hacen alimentos atractivos con altos contenidos en azúcares, fibra y compuestos antioxidantes (INTAGRI. S/f).

Asimismo, lo que ha hecho atractivo este cultivo es su buen precio y estabilidad del mismo, de hasta \$4 dólares por kilogramo (INTAGRI, S/f).

De igual manera, es un producto que está incluido en el menú de las grandes cadenas de restaurantes. La superficie destinada a su cultivo va aumentando paulatinamente debido al mayor consumo como snack en EEUU y otros países desarrollados. La producción de los pimientos mini alcanza ya una superficie de 140 hectáreas en campos certificados que se ubican principalmente en Baja California y Sinaloa, aunque ahora también se están cultivando en otras regiones, como es el caso de Puebla y Guanajuato (INTAGRI S/f).

La demanda de estos productos está creciendo en el mercado y por ello la mejora genética ha respondido con la producción de materiales mini de diferentes colores, formas y, en especial, con propiedades funcionales que los hacen alimentos con altos valores de azúcares, fibra, sustancias antioxidantes y los convierten en una opción importante en contenidos nutricionales (Salas-García, 2014).

Las hortalizas mini están adquiriendo la connotación de comida entre horas para dietas sanas (García *et al.*, 2012a) y además se están convirtiendo en una alternativa para inducir a niños y adolescentes al consumo de vegetales. En encuestas realizadas a jóvenes entre 12 y 16 años, las hortalizas minis se destacan por su sabor agradable y les son interesantes al ser suministradas y presentadas atractivamente (García *et al.*, 2012b).

Las hortalizas mini generan nuevos nichos de mercado para los cuales hay que trabajar en una diversidad de posibilidades de envasado y confección, que busca resolverle al consumidor sus necesidades de compra (Carchuna La Palma, 2023). Por ejemplo, un nicho de mercado muy importante es el consumo de hortalizas frescas en presentación de snacks, en el sistema que se denomina Healthy Vending en países de Europa del Norte (García y Gómez, 2013).

2.3 Características agronómicas del Mini Pimiento

Al igual que en los típicos pimientos morrones, suelen sembrarse los 3 colores distintos en bancales diferentes. Se ha encontrado que el vigor de los pimientos de cada color es diferente. El pimiento de color naranja necesita un poco más de nitrógeno que las variedades roja y amarilla, por lo que, a una misma fertilización, su crecimiento es más lento. El rendimiento de este cultivo no es tan apetecible como en el caso del tomate, ya que oscila en un promedio de 7 Kg/m² en cultivos bajo invernadero (INTAGRI, S/f).

Una ventaja de estos pimientos mini sobre los pimientos anchos (convencionales) es que la exigencia del comprador en cuanto a calidad (tamaño y forma) es menor y son menos susceptibles al cracking. Esto permite que se facilite su manejo, al disminuir la necesidad de podas o raleos (INTAGRI, S/f).

La densidad de plantas es esencial para obtener buenos rendimientos. La planta tiene una tendencia vegetativa, por lo que esto debe tenerse en cuenta en relación con el manejo y la nutrición. En la región central de México, se recomienda un espacio entre plantas de al menos 40 cm para amortiguar efectivamente los costos de semillas y obtener el mayor rendimiento posible por planta. planta (INTAGRI, S/f).

2.4 Sistemas de producción orgánica en cultivo sin suelo bajo cubierta

La agricultura orgánica es un sistema de producción que mantiene y mejora la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas. Se basa fundamentalmente en los procesos ecológicos, la biodiversidad y los ciclos adaptados a las condiciones locales, sin usar insumos que tengan efectos adversos. La agricultura orgánica combina tradición, innovación y ciencia para favorecer el medio ambiente que compartimos y promover relaciones justas y una buena calidad de vida para todos los que participan en ella. En este sentido, IFOAM subraya que la agricultura orgánica se basa en los principios de salud, ecología, equidad y precaución (Willer *et al.* 2008).

Así mismo, el Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos de América determina a los sistemas de producción orgánica, como: “El sistema de producción agrícola que previene o excluye ampliamente el uso de productos de fertilizantes sintéticos, pesticidas, reguladores de crecimiento y aditivos de alimentación animal. Otra definición es la que nos comparte Adamchak (2018) la cual expone a un sistema agrícola que utiliza controles biológicos de plagas y fertilizantes biológicos derivados en la mayor parte de desechos animales, plantas y nitrógeno.

La SAGARPA, (2013) enfatiza que en los últimos diez años el número de cultivos orgánicos en México paso de 85 mil 676 a 351 mil 904 hectáreas de crecimiento de la superficie, lo que beneficia a más de 169 mil 570 agricultores dando así que el 85 % de la producción orgánica de México está destinado a la exportación, principalmente en los mercados europeos y estadounidenses.

2.5 Cultivos sin suelo

El termino sustrato se refiere a todo aquel material solido que sea diferente al suelo, el cual permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular. La fibra de coco se clasifica en sustratos químicamente activos en donde además

de dar soporte, intervienen en procesos de adsorción y fijación de nutrientes (Sáez, 1999).

En cultivos sin suelo, antes de que se lleve a cabo la siembra, se deben de conocer y asegurarse de que el sustrato tenga las características físicas óptimas ya que una vez establecido es imposible mejorarlas. Por tanto, uno de los principales factores que determinan el éxito de un cultivo sin suelo es la calidad física del sustrato, lo cual permite una correcta dosificación y programación del riego y la nutrición del cultivo. Por el contrario, las propiedades químicas de los sustrato es posible de enmendarlas de distintas maneras, tal es el caso de la fibra de coco en donde mediante un lavado, se pueden corregir los excesos de sales o bien, altos o bajos niveles de nutrientes se pueden solucionar ajustando las concentraciones de la SN (Carlile *et al.* 2015).

2.6 Bioestimulación de Cultivos

La primera definición de bioestimulantes parece deberse a Zhang (1997), quien los definió como “materiales que, en cantidades mínimas, promueven el crecimiento de las plantas”. Lo anterior, describe a los bioestimulantes como sustancias que promueven el crecimiento de las plantas sin ser nutrientes, mejoradores de suelo o pesticidas, y se definen “por lo que hacen más que por lo que son”.

En la literatura científica, la palabra “bioestimulante” fue definida por primera vez por Kauffman *et al.* (2007): "Los bioestimulantes son materiales, distintos de los fertilizantes, que promueven el crecimiento de las plantas cuando se aplican en pequeñas cantidades ", y están disponibles en una variedad de ingredientes y formulaciones". Es decir, para estos autores, los bioestimulantes son productos que contienen sustancias húmicas, hormonas (extractos de algas marinas) y aminoácidos

En este contexto, du Jardin (2015), señala que cualquier definición de bioestimulantes debe centrarse en las funciones de estos mismos desde el punto de vista agrícola, no en la naturaleza de sus componentes ni en su(s) modo(s)

de acción: “Un bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo que, al aplicarse a las plantas, es capaz de mejorar la eficacia de éstas en la absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico o abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, independientemente del contenido en nutrientes de la sustancia”. Lo anterior, se aproxima a la definición relacionada a la normativa en Europa (Reglamento UE 2019/1009).

Los productos biológicos como los bioestimulantes ofrecen una tecnología sostenible y efectiva para complementar sus contrapartes sintéticas (agroquímicos) para mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes y garantizar buenos rendimientos de cultivos agrícolas y hortícolas en condiciones óptimas y subóptimas. (Fiorentino *et al.* 2018)

Por otra parte, du Jardin (2015) nos menciona que los bioestimulantes tienen la capacidad de generar una mayor absorción y asimilación de nutrientes además de generar una mayor tolerancia al estrés biótico.

Esto significa que los bioestimulantes promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas y mejoran su metabolismo, lo que las hace más resistentes a condiciones adversas como plagas y enfermedades y sequías. Pueden ser a base de hormonas vegetales o extractos de algas, aminoácidos, enzimas o vitaminas como tiamina, ácido húmico, etc. (INTAGRI, S/f).

Existen diferentes tipos de bioestimulantes, algunos químicamente bien definidos, como los compuestos por aminoácidos, polisacáridos, oligopéptidos o polipéptidos. Existen otros más complejos en cuanto a su composición química, como los extractos de algas y los ácidos húmicos, que contienen los componentes anteriores, pero en diferentes combinaciones (INTAGRI, S/f).

Los bioestimulantes contienen microorganismos que, cuando se aplican a las plantas y la rizosfera, pueden mejorar la absorción y eficiencia de nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico y la calidad de los frutos (Rouphael *et al.* 2017).

Numerosos estudios sobre cultivos hortícolas han demostrado que la aplicación de bioestimulantes sobre hojas o sustratos puede estimular el

metabolismo primario o secundario de las plantas y aumentar el rendimiento. (Rouphael *et al.* 2017).

Los bioestimulantes ayudan a romper la latencia, aumentan el tamaño de la fruta, mejoran el desarrollo de las raíces, aumentan el crecimiento y la uniformidad de las plantas, aumentan los tejidos fotosintéticos, además de ser beneficiosos para la resistencia al estrés, aumentan la absorción de nutrientes para estimular el crecimiento de los cultivos y aumentan la productividad de los cultivos. Además, ayuda al tejido vegetativo, regula la floración y favorece la formación y maduración de frutos. Todas estas implicaciones son importantes para los agricultores e inversionistas y, por lo tanto, los bioestimulantes juegan un papel muy importante en la agricultura sostenible. (Rouphael *et al.* 2017).

2.7 Ácidos Húmicos

El ácido húmico (HA) es el resultado de la descomposición de la materia orgánica y es beneficioso para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Los ácidos húmicos (AH) aumentan el crecimiento y el rendimiento de varios cultivos, incluidos los vegetales (Atiyeh *et al.*, 2002; Zandonadi *et al.*, 2007).

También se ha demostrado que HA puede actuar como regulador del crecimiento para controlar los niveles hormonales, mejorar el crecimiento de las plantas y aumentar la tolerancia al estrés, mejorar las propiedades físicas del suelo y los iones metálicos complejos. (Stevenson, 1982; Serenella *et al.* 2002). Sus constantes de estabilidad son más bajas que los quelatos de metales sintéticos, lo que aumenta la reactividad de los metales en solución. (Mackowiak *et al.* 2001).

Los ácidos húmicos son un componente natural de la materia orgánica del suelo resultante de la descomposición de residuos vegetales, animales y microbianos, así como de las actividades metabólicas de los microorganismos del suelo que utilizan estos sustratos. Estos compuestos también exhiben

cinéticas de asociación/disociación compleja en coloides supramoleculares afectados por la liberación y exudación de protones de la raíz de la planta. El ácido húmico y sus compuestos en el suelo son el resultado de la interacción de materiales orgánicos, microorganismos y raíces de plantas. Cualquier intento de usarlos para promover el crecimiento y el rendimiento de las plantas requiere optimizar estas interacciones para lograr el resultado deseado. Esto explica por qué la aplicación de la fracción soluble de ácido húmico mostró resultados inconsistentes, pero generalmente positivos en el crecimiento de las plantas. (Halpern *et al.* 2015).

2.8 Proteínas Hidrolizadas

Estas mezclas, llamadas hidrolizados de proteínas, se derivan de la hidrólisis química o enzimática de proteínas de origen vegetal (Schiavon *et al.* 2008), animal (Maini, 2006) y microbiano (Du jardín, 2012).

Los hidrolizados de proteínas (PH) son un importante grupo de bioestimulantes vegetales definidos como mezclas de polipéptidos, oligopéptidos y aminoácidos obtenidos a partir de fuentes proteicas por hidrólisis parcial. PH generalmente se aplica como un spray foliar o cerca de las raíces. Los PH se utilizan ampliamente en los cultivos, principalmente para mejorar la absorción de nutrientes, el crecimiento, el rendimiento y la calidad de la fruta de las plantas, así como para aumentar la tolerancia de los cultivos al estrés abiótico. Actualmente, más del 90% del PH que se vende como bioestimulantes se obtiene por hidrólisis química de proteínas animales, especialmente colágeno de subproductos del cuero, mientras que los hidrolizados de proteínas vegetales producidos enzimáticamente son una nueva innovación. Por lo tanto, aparecen con menos frecuencia en el mercado. (Colla *et al.* 2015)

La seguridad de las proteínas hidrolizadas de origen animal se evaluó recientemente y no se informó de genotoxicidad, ecotoxicidad o fitotoxicidad sobre la base de bioensayos que utilizan levaduras y plantas como organismos

de prueba (Corte et al., 2014). Sin embargo, existe una creciente preocupación por la seguridad del uso de hidrolizados de proteínas derivados de subproductos animales en la cadena alimentaria. La Unión Europea con el Reglamento de Ejecución de la Comisión (UE) No. 354/2014 sobre producción, etiquetado y control ecológico ha prohibido el uso de dichos hidrolizados de proteínas animales en las partes comestibles de los cultivos ecológicos.

Los efectos bioestimuladores de los PH se deben principalmente a su contenido de péptidos. (Colla *et al.* 2015)

Un péptido es un compuesto con un peso molecular de 5000 daltons, que consta de cadenas cortas de aminoácidos conectados por enlaces peptídicos. Como resultado del hidrólisis de la matriz proteica, no solo se liberan aminoácidos, sino también péptidos solubles, cuya cantidad varía según el grado de hidrólisis. La hidrólisis suave, como la hidrólisis enzimática, produce más péptidos que la hidrólisis química.

Los péptidos juegan un papel fundamental en la fisiología vegetal como moléculas señalizadoras que regulan los mecanismos defensivos en respuesta al estrés, crecimiento y desarrollo de la planta Scheer y Ryan (2002). Estas moléculas actúan a nivel de la membrana de la célula activando rutas metabólicas específicas.

Además, los péptidos juegan un papel importante en el intercambio de información entre células, la respuesta de las plantas a condiciones de estrés y el control del crecimiento y desarrollo. (Colla *et al.* 2015)

2.9 Nanoemulsiones

Las nanoemulsiones son emulsiones de tamaño nanométrico. Estos son el sistema isotrópico termodinámicamente estable en el que dos líquidos inmiscibles se mezclan en una sola fase por medio de un emulsionante, es decir, un tensioactivo y un co-tensioactivo. El tamaño de gota de las nanoemulsiones suele oscilar entre 20 y 200 nm. La principal diferencia entre una emulsión y una

nanoemulsión es el tamaño y la forma de las partículas dispersas en la fase continua (Jaiswal *et al.*, 2015).

Los principales componentes de las nanoemulsiones son aceite, agentes emulsionantes y fases acuosas (Gasco *et al.* 1991; Kriwet y Müller-Goymann 1995; Trotta 1999).

Son capaces de mejorar la solubilidad de los ingredientes activos, mejorar la biodisponibilidad y mejorar las propiedades de estabilidad y humectabilidad durante la aplicación, lo que resulta en una mejor eficacia para el control y tratamiento de plagas.

Existen tres tipos de nanoemulsión: aceite en agua (O/W), agua en aceite (W/O) y bicontinua. En este último, el sistema se obtiene cuando la fase oleosa y acuosa se separan por la capa de tensioactivo.

Las nanoemulsiones constan de tres componentes principales: aceite, surfactante y agua. Las dos fases inmiscibles presentes en el sistema de nanoemulsión, a saber, la fase oleosa u orgánica y la fase acuosa, están separadas por la tensión interfacial provocada por los tensioactivos. (Devarajan *et al.* 2011)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila en el Invernadero Orgánico del Departamento de Fitomejoramiento, ubicado a una latitud de 25° 21' 18" N, longitud de 101°02'10" O, y a una altitud de 1, 760 msnm (Google Earth, 2021).

Las condiciones ambientales durante el experimento se monitorearon con un registrador de datos HOBO® U12 (Onset Computer Corporation®) e incluyeron el registro de la temperatura media diaria y la humedad relativa (22.79° C y 32.38%, respectivamente). La radiación fotosintéticamente activa incidente (PAR) durante el período de mayor insolación (12:00 - 2:00 pm h) fue en promedio de 462.97 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

3.2 Material genético

Para la realización del experimento se empleó semilla de la variedad de mini pimiento (*Capsicum annuum* L.) AH1440 (Ahern Seeds). La siembra fue realizada el 25 de Mayo del 2021 en charola de poliestireno de 200 cavidades, depositando una semilla por alveolo. Como medio de germinación se usó un sustrato para cultivo biológico con certificación OMRI a base de turba de sphagnum canadiense (60-70%), coco-grado hortícola, vermiculita--grado hortícola, y caliza (PRO-MIX PG ORGANIK) de la empresa Premier Tech Horticulture con pH de 4.5 a 6.5, mezclado con perlita (Multiperl®) a una proporción 80:20 % (v:v).

3.3 Trasplante

Se emplearon plántulas de mini pimiento (AH14040) de color amarillo (Ahern Seeds) con cinco hojas bien desarrolladas como mínimo. El trasplante se realizó el 16 de Julio del 2021, en contenedores hidropónicos (Zephyr V2) bicolor

(blanco al exterior, negro al interior) de 25 litros de la marca Plantlogic®, utilizando como sustrato una mezcla de coco al 100% de la empresa Germinaza S.A. de C.V., a una proporción 50/50 (fibra + chip/polvo granular), el cual cuenta con certificado OMRI.

Previo al trasplante, se llevó a cabo un lavado del sustrato con el fin de neutralizar los cationes que contiene de forma natural este material (sodio y potasio) que puedan desequilibrar la solución nutritiva principalmente en los primeros estadios de la planta, este proceso se realizó de la siguiente manera: se introdujeron cationes divalentes de calcio (Ca^{+2}) magnesio (Mg^{+2}) para desplazar los cationes de potasio (K^+) y sodio (Na^+), presentes en el sustrato de coco, a través de la aplicación de una mezcla de 200 g de nitrato de calcio ($CaNO_3$) con 60 gramos de sulfato de magnesio ($MgSO_4$), en 200 litros agua dejando reposar por un periodo de 24 horas. Este procedimiento se repitió hasta que la conductividad eléctrica del agua de drenaje del sustrato fue similar a la conductividad eléctrica del agua de riego. Para ello se utilizó un medidor portátil de Conductividad (HORIBA LAQUAtwin EC-11). Subsecuentemente, se realizó una aplicación al sustrato de un fungicida y bactericida de amplio espectro (RE-BOOT) de la empresa Vyota Biotech, dos días antes de realizar el trasplante. Asimismo, antes de realizar el llenado de los contenedores se realizó un tratamiento de desinfección a los contenedores utilizando el mismo producto RE-BOOT

3.4 Tratamientos

Se evaluaron 12 tratamientos (Cuadro 1) para determinar el efecto de dos tipos de bioestimulantes, con dos niveles de concentración expresados en ml L⁻¹ [Factor A], y dos métodos de aplicación (foliar y sustrato) [Factor B] en la producción de mini pimiento en condiciones protegidas (Cuadro 2).

A los 14 DDT se realizó la primera aplicación de los tratamientos, subsecuentemente se realizaron cuatro aplicaciones con un intervalo de siete

días. Posteriormente, se realizó una aplicación cada 15 días hasta el término del ciclo experimental, para lo cual se utilizó agua desionizada para ambos métodos de aplicación [foliar y sustrato “drench”].

La unidad experimental consistió de una planta por contenedor (repetición), y cuatro repeticiones por tratamiento.

Para la solución orgánica se emplearon fertilizantes orgánicos nanoemulsificados (OMRI-Listed®) (Instituto de Revisión de Materiales Orgánicos). Cabe señalar que la solución nutritiva orgánica se equiparó en cuanto a concentración en partes por millón (ppm), tomando como base la solución inorgánica (Steiner, 1984) utilizada como control.

Para la elaboración de la solución nutritiva orgánica se consideraron las propiedades químicas del agua de riego. El pH de la SN se ajustó entre 6.0 a 6.5 ± 0.1 antes de cada fertirriego con BioFlora® Acidifier (ácido cítrico no sintético) de la empresa (Global Organics®).

Cuadro 1 *Tratamientos evaluados en el cultivo de mini pimiento bajo cubierta.*

Tratamiento	Especificación
T1	Control, sin aplicación de Bioestimulantes
T2	Sin PH+AH[5.0 ml L ⁻¹] (Foliar)
T3	Sin PH+AH[5.0 ml L ⁻¹] (Sustrato)
T4	PH[5.0 ml L ⁻¹] (Foliar)+ Sin AH
T5	PH[5.0 ml L ⁻¹] (Foliar)+AH[5.0 ml L ⁻¹] (Foliar)
T6	PH[5.0 ml L ⁻¹] (Foliar)+AH[5.0 ml L ⁻¹] (Sustrato)
T7	PH[5.0 ml L ⁻¹] (Sustrato)+Sin AH
T8	PH[5.0 ml L ⁻¹] (Sustrato)+ AH[5.0 ml L ⁻¹] (Foliar)
T9	PH[5.0 ml L ⁻¹] (Sustrato)+ AH[5.0 ml L ⁻¹] (Sustrato)
T10	PH [2.5 ml L ⁻¹] (Foliar) + PH [2.5 ml L ⁻¹] (Sustrato)+Sin AH
T11	PH [2.5 ml L ⁻¹] (Foliar) + PH [2.5 ml L ⁻¹] (Sustrato)+ AH[5.0 ml L ⁻¹] (Foliar)
T12	PH [2.5 ml L ⁻¹] (Foliar) + PH [2.5 ml L ⁻¹] (Sustrato) + AH [5.0 ml L ⁻¹] (Sustrato)

* PH = Proteínas Hidrolizadas (Trainer), AH = Ácidos Húmicos (Humega Pro).

3.5 Descripción de productos utilizados (bioestimulantes)

3.5.1 Humega pro

Es un complejo de carbono microbiano y ácido húmico que mejora tanto la fertilidad como la ecología del suelo al promover una mayor actividad microbológica que asiste a las defensas contra la colonización de fitopatógenos. Humega Pro® es un producto biológicamente mejorado cuyo proceso de extracción maximiza la cantidad de ácidos orgánicos y microbiología benéfica necesarios para un suelo saludable.

Ayuda al proceso de restauración de microbiología benéfica después de aplicaciones de fumigantes o del uso excesivo de fertilizantes químicos.

Incrementa la biodisponibilidad de nutrientes al acelerar el proceso de conversión de la materia orgánica en minerales.

La diversidad y el balance de la microbiología benéfica ayuda a mantener las defensas contra la colonización de fitopatógenos que ocasionan disturbios en el metabolismo celular de la planta.

Reduce la pérdida de nutrientes al incrementar la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) del suelo.

3.5.2 Trainer

Trainer de la empresa Hello Nature USA Inc. (Anderson, IN 46016, US), es un innovador bioestimulante comercial a base de proteínas hidrolizadas derivadas de semillas de leguminosas obtenidas a través de hidrólisis enzimática, las cuales mejoran el crecimiento y desarrollo de las plantas, reduciendo la pérdida de nutrientes, la fitotoxicidad por la aplicación de herbicidas y el estrés en general. Como bioestimulante natural y orgánico, Trainer es también la solución ideal para la agricultura ecológica cuando el objetivo es mejorar la salud y aumentar la resiliencia de los cultivos, para lograr mayores rendimientos y calidad.

Es un bioestimulante innovador para aplicación foliar. Actúa energicamente en el desarrollo de las plantas, ayudando también a superar situaciones de estrés climático gracias a la presencia combinada de nitrógeno orgánico y péptidos de origen 100% vegetal. Trainer es absorbido rápidamente por las hojas y traslocado en los tejidos de las plantas, de modo que en pocas horas producen efectos positivos en los cultivos. Contiene un 5% de nitrógeno orgánico, 5% de carbono orgánico, y 31% de péptidos de origen vegetal.

3.5.3 Fusion-start organic

Una fusión de promotores de germinación y arrancadores de plántula, diseñado nuestra tecnología +FusionTech® para promover un crecimiento vigoroso de raíz y tallo, mejorando la salud de la planta.

Se utilizó solamente en la etapa de producción de plántula, para lo cual se llevó a cabo la primera aplicación aproximadamente a los 10 DDS a una dosis de 0.5 ml por litro cuando aún no aparecían las hojas verdaderas. A partir de la aparición de las primeras hojas verdaderas se realizaron tres aplicaciones con intervalos de 3 días a una dosis de 1 ml por litro. Subsecuentemente, se realizaron tres aplicaciones más con un intervalo de 4 días a una dosis de 1.5 ml por litro.

3.6 Manejo del cultivo

3.6.1 Nutrición y riego

La frecuencia del riego vario según las necesidades hídricas de las plantas a lo largo del ciclo experimental, aplicando un volumen suficiente para mantener una fracción de lixiviado entre un 20 – 30 %. Las plantas fueron irrigadas con una solución nutritiva orgánica, a través de un sistema de riego localizado de alta frecuencia conformado por una red de distribución de agua (manguera de polietileno de 16 mm de alta densidad) utilizando un emisor o gotero de botón auto-compensado con un gasto de 4 LPH y dos estacas por contenedor.

Para la solución orgánica se emplearon fertilizantes orgánicos nanoemulsificados aprobados por OMRI (*Organic Materials Review Institute*). Cabe señalar que la solución nutritiva orgánica se equiparó en cuanto a concentración en partes por millón (ppm), tomando como base la solución inorgánica (Steiner, 1984) utilizada como control.

3.6.2 Descripción de fertilizantes orgánicos nanoemulsificados

3.6.1 Macronutrientes

3.6.1.1 NITRO-FUSION ORGANIC

Potente concentrado de nitrógeno orgánico derivado de proteína vegetal con una potente concentración del 16 de 14% de N, garantizando una alta capacidad de aprovechamiento de por los cultivos y sin riesgos asociados con las fuentes de nitrógeno convencionales.

3.6.1.2 P-FUSION ORGANIC

Fuente de fósforo orgánico nanoemulsificado con una concentración de 30% de óxido de fósforo P₂O₅ con tecnología +FusionTech® para maximizar su asimilación.

3.6.1.3 K-FUSION ORGANIC

Potasio orgánico biológicamente activo con un alto análisis en nanoemulsión una concentración de 50% de K₂O gracias a nuestra con tecnología +FusionTech®, maximizando su absorción durante las etapas de mayor demanda como fructificación y llenado.

3.6.1.4 FLOW-CA ORGANIC

Una fuente pura de calcio orgánico, con una concentración de mínimo 43% combinada en una nanoemulsión floable de rápida asimilación con tecnología +FusionTech®. Calcio rápido que aumenta la calidad de los cultivos.

3.6.1.5 FLOW-MAG ORGANIC

Una fuente pura de magnesio orgánico, con una concentración de mínimo 12% óxido de magnesio de 7% de Mg, combinada en una nanoemulsión floable de rápida asimilación gracias a la con tecnología +FusionTech®.

3.6.1.6 FLOW-SUL ORGANIC

Una fuente pura de magnesio orgánico, con una concentración de mínimo 12% óxido de magnesio de 7% de Mg, combinada en una nanoemulsión floable de rápida asimilación gracias a la con tecnología +FusionTech®.

3.6.2 Micronutrientes

3.6.2.1 MICRO-HORT ORGANIC

Combinación de microelementos necesarios para el buen desarrollo de hortalizas 100% orgánico. Contiene tecnología de nanopartículas +FusionTech® que incluye una combinación de agentes quelatantes orgánicos y aminoácidos permitiendo la máxima biodisponibilidad para la planta los cultivos. Su composición elemental expresada en % es la siguiente: Fe (4.4), Zn (2.0), Mn (2.0), Cu (0.4), B (0.5), Mo (0.12), Co (0.05), y aminoácidos (3,0)

3.6.3 Polinización

Cuando se observó una apertura floral entre el 5-10% se introdujo la primera colmena (Natupol Smart□) de abejorros (*Bombus impatiens*) de la empresa Koppert Biological Systems. Se colocó sobre una superficie plana y nivelada, en un lugar fresco y bien ventilado del invernadero, al abrigo de la luz solar directa. A medida que la colonia empezó a disminuir su actividad de polinización se introdujo una nueva colmena.

3.6.4 Tutoreo

Las plantas fueron conducidas mediante un tutoreo en espaldera o tipo español a los 10 días después del trasplante (DDT). Para esta actividad se utilizaron estacones de madera, los cuales fueron colocados en cada extremo de

las líneas de plantas (bloques experimentales). Posteriormente se colocaron hilos de manera horizontal (monofilamento de poliéster) dispuestos cada 20-25 cm, los cuales se sujetaron de los estacones para la conducción vertical del cultivo. El primer par de hilos horizontales se extendieron justo debajo de la “horqueta” en el eje principal.

3.6.3 Poda

La poda de este sistema de tutoreo en espaldera o tipo español se llevó a cabo a través de la eliminación de brotes en el interior de las plantas, dejando seis tallos principales por planta. Asimismo, se llevó a cabo un deshojado en el eje principal, eliminando hojas cercanas al sustrato así como hojas no funcionales y viejas para favorecer la aireación y evitar la aparición de posibles enfermedades.

3. 6.6 Control de plagas y enfermedades

Para el control preventivo de plagas y enfermedades a lo largo del ciclo experimental se utilizaron productos comerciales aprobados por el Instituto de Revisión de Materiales Orgánicos (OMRI) de la empresa BioFusion® y Vyota® Biotech, utilizando una aspersora nebulizadora eléctrica (SWISSMEX® Modelo W1000). Para el control preventivo de plagas (mosca blanca, trips y araña roja, principalmente) se utilizó el producto TRI-GONE ORGANIC a una dosis de 10 ml L-1, y para el control específicamente de hongos y bacterias se utilizó el producto D-Lete® a una dosis de 5-7 ml L-1, realizando aplicaciones foliares dos veces por semana para lo cual se utilizó agua desionizada. Para mejorar el desempeño de las aplicaciones foliares se utilizó un dispersante y humectante (SPREAD ORGANIC) de la empresa BioFusion® a una dosis de 0.3 -0.4 ml L-1. Por otra parte, para complementar el control preventivo específicamente para trips y mosca blanca a través de nanoemulsiones, se utilizó un ácaro depredador de la especie *Amblyseius swirskii* como control biológico (Swirski-Mite®) de la empresa Koppert Biological Systems, a través de dispersión como método de aplicación.

3.6.6.1 Descripción de productos para el control de plagas y enfermedades

3.6.6.1.1 Tri-gone

Es una nanoemulsión de la empresa BioFusion® compuesto de sales potásicas y extractos vegetales (azaridactina 3,000 ppm), (alicina, 200 ppm), y karanjina (20,000 ppm), entre otros, los cuales funcionan como fagoderrente deteniendo el crecimiento de insectos dañinos. Es completamente soluble en agua para darle estabilidad y practicidad a la hora de la aplicación. Puede usarse en cultivos orgánicos, hasta el día de cosecha (cero residuos). Contiene diferentes tipos de ácidos grasos (mirístico, palmítico, esteárico, oleico, linoleico y araquidónico). Posee efecto insecticida, fungicida, acaricida, nematocida, enmascara feromonas, y reprime alimentación.

3.6.6.1.2 D-lete

Es un fungicida y bactericida de amplio espectro de la empresa Vyota® Biotech, a base de dióxido de hidrógeno (30%) y ácido peracético (2%). Actúa por contacto en una reacción de oxidación. Se puede usar como curativo y preventivo en el manejo integrado de plagas. Su formulación específica, garantiza la estabilidad de los compuestos formados para que tengan mayor tiempo de acción.

3.6.6.1.3 Re-boot

Es un fungicida y bactericida de amplio espectro de la empresa Vyota® Biotech, a base de dióxido de hidrógeno (30%) y ácido peracético (10%) para aplicaciones dirigidas al suelo o sustratos. Este producto actúa por contacto en una reacción de oxidación sobre la membrana celular de los microorganismos, se puede usar como curativo o preventivo en el manejo integrado de plagas. Su formulación específica garantiza la estabilidad de los compuestos formados para que tengan mayor tiempo de acción y penetración. Se considera un desinfectante sustentable.

3.6.6.1.4 Spread Organic

Es un súper dispersante y humectante (Heptametiltrisiloxano modificado al 100%) de calidad superior de la empresa BioFusion®. Un producto que actúa de 4 formas principales: surfactante, humectante, dispersante y penetrante. Reduce la tensión superficial del agua, permitiendo que las partículas de los plaguicidas, herbicidas y foliares aplicados penetren insectos y hojas. Es particularmente efectivo para superficies de plantas difíciles de mojar o cubrir.

3.6.6.1.5 Swirski-Mite

(Ácaro depredador) de Koppert, se aplicó también como control biológico principalmente para el control de trips y mosca blanca.

Ácaro depredador de la especie *Amblyseius swirskii* (enemigo natural). Dicho producto contiene 50,000 ácaros depredadores (ninfas y adultos) mezclados con salvado. No susceptible a diapausa, por lo que puede introducirse todo el año. Es tolerante a altas temperaturas y su objetivo son larvas jóvenes de varias especies de trips, huevos y larvas de mosca blanca (tanto *Trialeurodes vaporariorum* como *Bemisia tabaci*), así como ácaros tarsonémidos.

3.7 Variables agronómicas evaluadas

3.7.1 Variables de crecimiento, morfológicas y de sensor óptico

3.7.1.1 Altura de la planta

Se midió desde la base del tallo principal hasta el meristemo apical de cada planta, utilizando una cinta métrica. Se tomaron datos semanales a lo largo del experimento iniciando a los siete días después del trasplante. Los datos fueron expresados en centímetros (cm).

3.7.1.2 Diámetro del tallo

Se midió a una altura de 5 cm con respecto a la base del tallo principal en todas las plantas, utilizando un vernier digital (Mitutoyo®). Se tomaron datos

semanales durante el ciclo experimental iniciando a los siete días después del trasplante. Los datos fueron expresados en milímetros (mm).

3.7.1.3 Índice de clorofila

Los niveles relativos de clorofila total fueron estimados usando un medidor portátil de clorofila (Modelo SPAD-502, Minolta Co., Ltd.). Las mediciones se llevaron a cabo entre las 11:00 a.m. y 12:00 p.m. en una hoja recientemente madura y completamente expandida de todas las plantas. Se tomaron datos semanales a lo largo del experimento iniciando a los siete días después del trasplante. Los datos fueron expresados como unidades SPAD (por sus siglas en inglés: "Soil Plant Analyzer Device").

3.7.2 Variables de rendimiento y calidad del fruto

3.7.2.1 Diámetro polar del fruto.

Se evaluaron los frutos cosechados de cada planta, midiendo desde la cicatriz del pedúnculo hasta el ápice de cada fruto recién cosechado (corte longitudinal), para lo cual se utilizó un vernier digital (Mitutoyo®). Los datos fueron expresados en centímetros (cm).

3.7.2.2 Diámetro ecuatorial del fruto

Se evaluó cada fruto cosechado por planta. Midiendo la parte media de cada fruto recién cosechado (corte transversal), para lo cual se utilizó un vernier digital (Mitutoyo®). Los datos fueron expresados en centímetros (cm).

3.7.2.3 Rendimiento por planta

En cada corte (cosecha) se registró el peso de todos los frutos maduros por tratamiento con ayuda báscula digital marca (VELAB® VE-CB500), y

mediante una suma aritmética de los diferentes cortes se obtuvo el rendimiento de frutos por planta. Los datos fueron expresados en gramos (g).

3.7.2.4 Número de frutos por planta

Se determinó al cuantificar todos los frutos cosechados de cada planta (cuatro plantas por repetición) en cada una de las cosechas realizadas.

3.7.2.5 Peso promedio del fruto

Esta variable se evaluó dividiendo el rendimiento entre el número de frutos de cada planta. Los datos fueron expresados en gramos (g).

3.7.2.6 Sólidos solubles totales (SST)

Se determinó al momento de cosecha de cada fruto en todas las plantas. El contenido de sólidos solubles totales fue expresado en Grados Brix (°Brix). La evaluación fue hecha colocando una gota de jugo de cada fruto directamente en el prisma de un refractómetro digital ATAGO® (PAL-1) con compensación automática de temperatura.

3.7.2.7 Firmeza del fruto

La firmeza de fruto se midió con un penetrómetro digital marca Lutron Electronic Enterprise Co., Ltd (Modelo FR-5120) con un puntal de 2.5 mm de diámetro en la región ecuatorial de cada fruto cosechado. Los datos se expresaron en Newtons (N).

3.7.2.7 Grosor de Pericarpio

Se determinó al momento de cosecha de todos los frutos de cada planta, para lo cual se utilizó un vernier digital (Mitutoyo®). Cada fruto fue cortado de manera transversal y se procedió a medir el grosor. Los datos se expresaron en milímetros (mm).

3.8 Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con un arreglo factorial (4 x 3), con cuatro repeticiones por tratamiento, cada repetición consistió de un contenedor con una planta cada uno, dando un total de 48 plantas (Cuadro 3), bajo el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + R_j + \epsilon_{ij}$$

Donde: $i = 1, 2, \dots, t$ (tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones)

Y_{ij} = Valor de la característica en estudio

μ = Media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento con respecto a la media

R_j = Efecto de la j -ésima repetición con respecto a la media

ϵ_{ij} = Error experimental

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS® versión 9.4).

Cuadro 2 Representación esquemática de la distribución de tratamientos en la parcela experimental del cultivo de mini pimiento.

Bloques	Tratamientos Experimentales.											
Bloque 1	T6	T1	T5	T3	T1 1	T4	T8	T1 0	T7	T9	T1 2	T2
Bloque 2	T9	T4	T17	T11	T1 2	T8	T6	T5	T2	T1	T1 0	T3
Bloque 3	T5	T1 2	T2	T1	T3	T10	T7	T9	T6	T4	T1 1	T8
Bloque 4	T7	T8	T9	T4	T1 1	T3	T2	T1	T5	T10	T6	T12

Análisis multivariado

Calculo de los componentes principales.

Se considera una serie de variables (X_1, X_2, \dots, X_p) sobre un grupo de objetos o individuos y se trata de calcular, a partir de ellas, un nuevo conjunto de variables Y_1, Y_2, \dots, Y_p , no correlacionadas entre sí, cuyas varianzas vayan decreciendo progresivamente.

Cada Y_j (donde $j= 1, \dots, p$) es una combinación lineal de las (X_1, X_2, \dots, X_p) variables originales, es decir:

$$Y_j = a_{j1}X_1 + a_{j2}X_2 + \dots + a_{jp}X_p = a_j x$$

Siendo $a_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{pj})$ un vector constante y $X = \begin{pmatrix} X_1 \\ \dots \\ X_p \end{pmatrix}$

Si lo que se desea es maximizar la varianza, una forma simple podría ser aumentar los coeficientes a_{1j} . Por ello, para mantener la ortogonalidad de la transformación se impone que el módulo del vector $a_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{pj})$ sea

$$a_j a_j = \sum_{k=1}^p a_{kj}^2 = 1$$

El primer componente se calcula eligiendo a_1 de modo que y_1 tenga la mayor varianza posible, sujeta a la restricción de que $a_1 a_1 = 1$. El segundo componente principal se calcula obteniendo a_2 , de modo que la variable obtenida y_2 , no esté correlacionada con y_1 .

Del mismo modo se eligen y_1, y_2, \dots, y_p , no correlacionados entre sí, de manera que las variables aleatorias obtenidas vayan teniendo cada vez menor varianza. Para la comparación de medias se empleó la prueba de Tukey ($P \leq 0.01$ y 0.05), Steel y Torrie (1980)

IV. - RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento por planta

De acuerdo con el análisis de varianza en la variable de rendimiento se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), posicionando como mejores tratamientos a T8 (PH[5.0 ml L⁻¹] (Sustrato)+ AH[5.0 ml L⁻¹] (Foliar)) (Figura 1), con un rendimiento de 1176.7 g planta⁻¹ en comparación con el control 974.8 g planta⁻¹, los resultados concuerdan con los trabajos realizados Sadeghi Chah-Nasir *et al.*, (2023) aplicaron aminoácidos y ácidos húmicos en conjunto a una concentración de 3 g L⁻¹ obteniendo resultados de rendimiento similares, las aplicaciones foliares de ácidos húmicos podrían utilizarse con éxito en el rendimiento (Yildirim, 2007). Esto se refleja en una mejor absorción de nutrientes, agua y mayor tolerancia al estrés ambiental (Canellas *et al.*, 2015), investigaciones realizadas en plantas (tomate, pepino y pimientos) tratadas con ácidos húmicos en diferentes concentraciones mejoró significativamente el rendimiento (Atiyeh *et al.*, 2002; El-Nemr *et al.*, 2012; Ibrahim *et al.*, 2019).

El efecto de las proteínas hidrolizadas aumentan el rendimiento de las plantas, esto puede ser a la respuesta de las proteínas hidrolizadas que favorecen la absorción de nutrientes, debido al aumento de la actividad enzimática (Cerdán *et al.*, 2008). Las proteínas hidrolizables de origen animal y vegetal representan una categoría importante de bioestimulantes orgánicos no biológicos, que tienen como componentes principales una mezcla de aminoácidos libres, oligopéptidos y polipéptidos que actúan como moléculas de señalización (Colla *et al.*, 2015; Colla *et al.*, 2017). Donde, Di Mola *et al.* (2019) demostraron que la aplicación foliar de proteínas hidrolizadas considera un enfoque sostenible para aumentar la productividad de mini-hortalizas en invernadero.

Por lo tanto, los resultados obtenidos donde reportan que la aplicación de proteínas hidrolizadas provocó aumentos importantes en el rendimiento fresco en comparación con las plantas no tratadas.

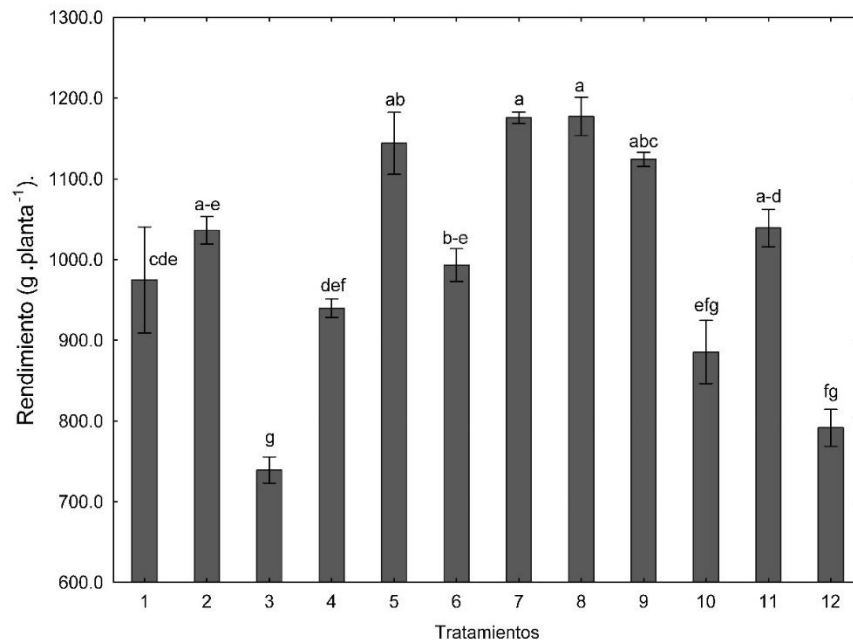


Figura 1. Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en el rendimiento de mini pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo cubierta. Medias con diferente letra en cada columna indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

4.2 Peso promedio del fruto

De acuerdo con el análisis de varianza en la variable de peso promedio de fruto, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), el mejor tratamiento T3 (Sin PH+AH[5.0 ml L⁻¹] (Sustrato)) con un peso promedio de fruto de 27.7 g fruto⁻¹ respectivamente (Figura 2). Estudios previos reportaron que aplicaciones de ácido húmico promueve el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad de la fruta de diferentes cultivos (Haytova, 2013; Mauromicale *et al.*, 2011).

Aplicaciones de ácido húmico al suelo aumentó el peso fresco de la fruta y el rendimiento total en pimiento dulce 'Demre sivrisi' (Karakurt *et al.*, 2009), además trabajos previos demostraron que los ácidos húmicos provocan efectos nutricionales y/o de bioestimulación en la planta para tener un mayor crecimiento y desarrollo en los frutos (García, 2004), debido al impacto directo en el mejoramiento de la fertilidad del suelo (Reyes-Pérez *et al.*, 2021), que favoreció la absorción de nutrientes (Unlu *et al.*, 2011). En base a lo anterior, los ácidos húmicos actúan como mejorador de suelo, funciona como potenciador del crecimiento plantas, promueve el desarrollo radicular, mejorando la eficiencia en la absorción de nutrientes y como resultado una mejor la producción (Nardi *et al.*, 2021; Khan *et al.*, 2018; Vikram *et al.*, 2022)

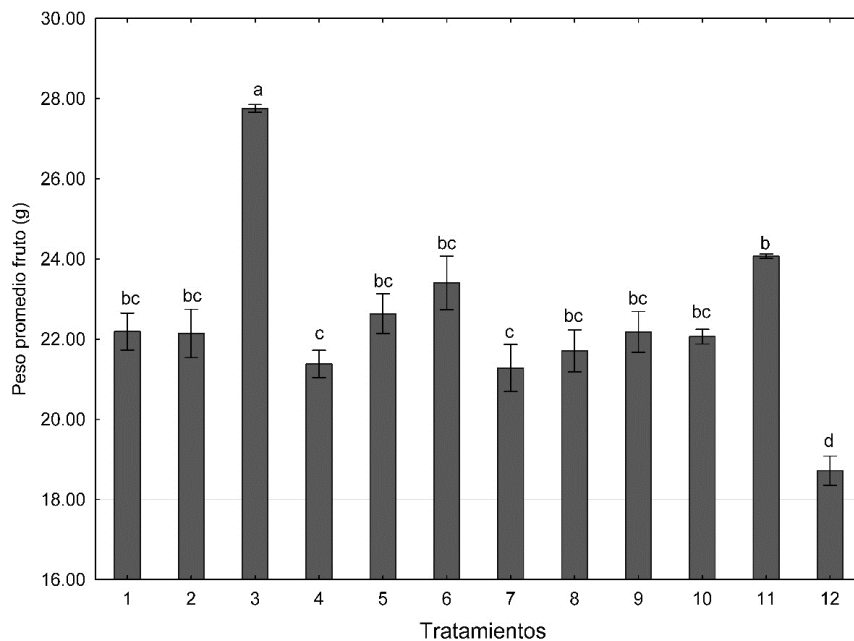


Figura 2. Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en el peso promedio del fruto de mini pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo cubierta. Medias con diferente letra en cada columna indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

4.3 Firmeza del fruto

De acuerdo con el análisis de varianza en la variable de firmeza, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), posicionando como mejor tratamiento a T6 PH[5.0 ml L⁻¹] (Foliar)+AH[5.0 ml L⁻¹] (Sustrato) (Figura. 3), con una firmeza de 13.82 N fruto⁻¹ respectivamente. Cozzolino *et al.* (2021), trabajaron con proteínas hidrolizadas de origen vegetal en tomate, donde encontraron un aumento significativo de la firmeza en frutos de plantas tratadas. Por el contrario, Soteriou *et al.* (2021), al estudiar el efecto de proteína hidrolizada de origen vegetal en sandía, no encontró una variación significativa en la firmeza de la fruta. Por lo tanto, las aplicaciones de ácidos húmicos al suelo o foliar no cambió significativamente la firmeza de los frutos, los niveles de firmeza permanecieron en niveles relativamente comparables en todos los tratamientos (Karkurt *et al.*,2009).

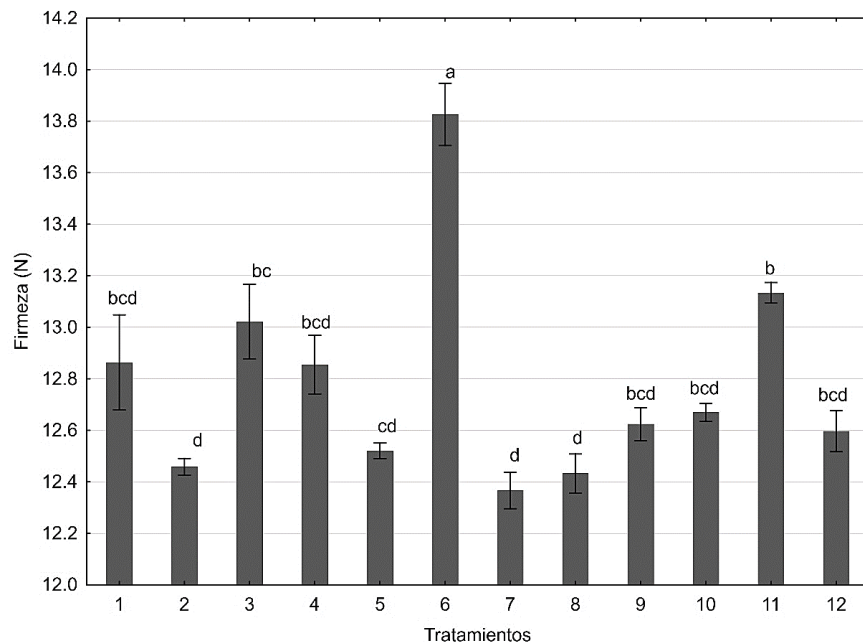


Figura 3. Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en la firmeza del fruto de mini pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo cubierta. Medias con diferente letra en cada columna indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

4.4 Número de frutos por planta

En el análisis de varianza en la variable de número de frutos, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), posicionando como mejor tratamiento a T8 PH[5.0 ml L⁻¹] (Sustrato)+ AH[5.0 ml L⁻¹] (Foliar) (Figura 4), con un número de frutos de 55.1 fruto⁻¹ respectivamente.

El efecto sinérgico de las proteínas hidrolizadas y ácidos húmicos dando una respuesta en el crecimiento y desarrollo de la planta, obteniendo un mayor número de frutos (Garcés *et al.*, 2003). Los estudios hechos en (*Capsicum annuum*) en donde se han llevado a cabo el uso de ácidos húmicos en el suelo o vía foliar el cual, donde se ve una mejora en rendimiento del fruto, así como la mejora de manera significativa de la calidad de fruto (Karakurt *et al.*, 2009). Por lo tanto, el número de frutos se incrementa debido al uso de la proteína hidrolizada y el ácido húmico, tienen un efecto de estimular de manera fisiológica (Trevisan *et al.*, 2010).

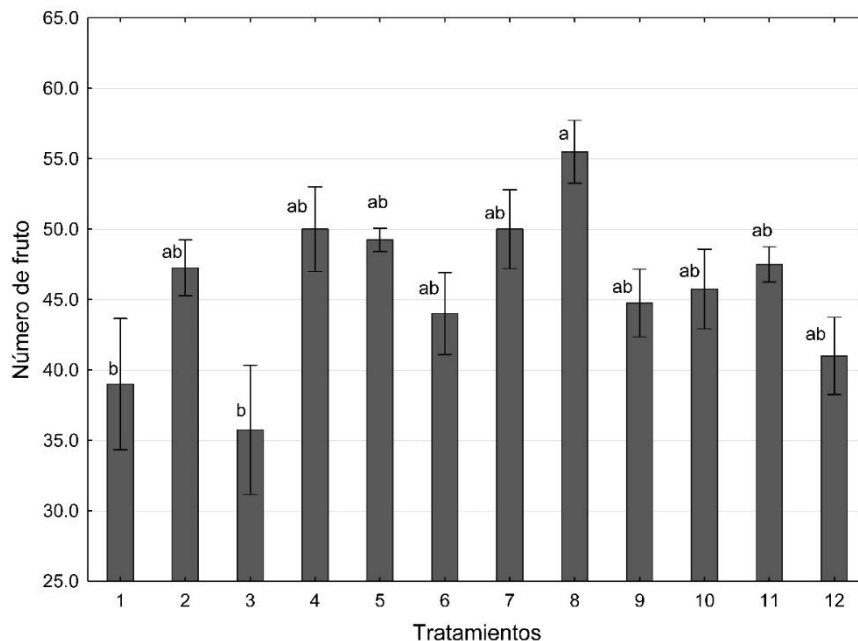


Figura 4. Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en el número de frutos por planta de mini pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo cubierta. Medias con diferente letra en cada columna indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

4.5 Sólidos solubles totales (SST)

El análisis de varianza en la variable de sólidos solubles totales, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), posicionando como mejor tratamiento a T12 PH [2.5 ml L⁻¹] (Foliar) + PH [2.5 ml L⁻¹] (Sustrato) + AH [5.0 ml L⁻¹] (Sustrato) (Figura 5), con un total de sólidos solubles de 10.85 °Brix fruto⁻¹ respectivamente.

El contenido de SST, es un rasgo importante para la satisfacción del consumidor que refleja la dulzura (Kader, 2002). El contenido de SST nos hace referencia a la cantidad de azúcares de los frutos y estos se ven afectados conforme incrementa o disminuye la maduración a través de procesos de biosíntesis de azúcares por medio de la degradación de polisacáridos de almidón, celulosa, etc (Carrari *et al.*, 2007). Los factores que afectan el contenido de SST en frutos son el clima, estado de maduración, fertilización y temperatura de conservación (Beckles, 2012). Las aplicaciones de proteínas hidrolizadas de origen vegetal en tomates uvas incrementaron los SST (Colla *et al.*, 2017b), también concuerda Ertani *et al.* (2014) donde aplicaron dos proteínas hidrolizadas de origen vegetal derivados de alfalfa y uva roja, resultaron en un aumento de glucosa y sacarosa de chile en maceta.

Por lo tanto, el contenido SST fueron significativamente influenciados por la acción de los ácidos húmicos, donde mencionan que los mayores niveles de SST se obtuvieron con la aplicación de ácidos húmicos al suelo de 20 ml/L (Karakurt *et al.*, 2009). en otra investigación, Yildrin, (2007) por medio del uso de ácidos húmicos, pudo mejorar la calidad de los frutos de tomate en cuanto a su relación de SST, lo cual tuvo una gran mejora en el incremento de SST y gracias a esto, disminuyó la acidez total de los frutos.

La estimulación en este parámetro puede estar relacionado con la acción de las proteínas hidrolizadas más ácidos húmicos, de las cuales se conocen los efectos positivos sobre el crecimiento vegetal al bioestimar distintos procesos fisiológicos-bioquímicos de las plantas (Garcés, 2002; Colla *et al.*, 2017b).

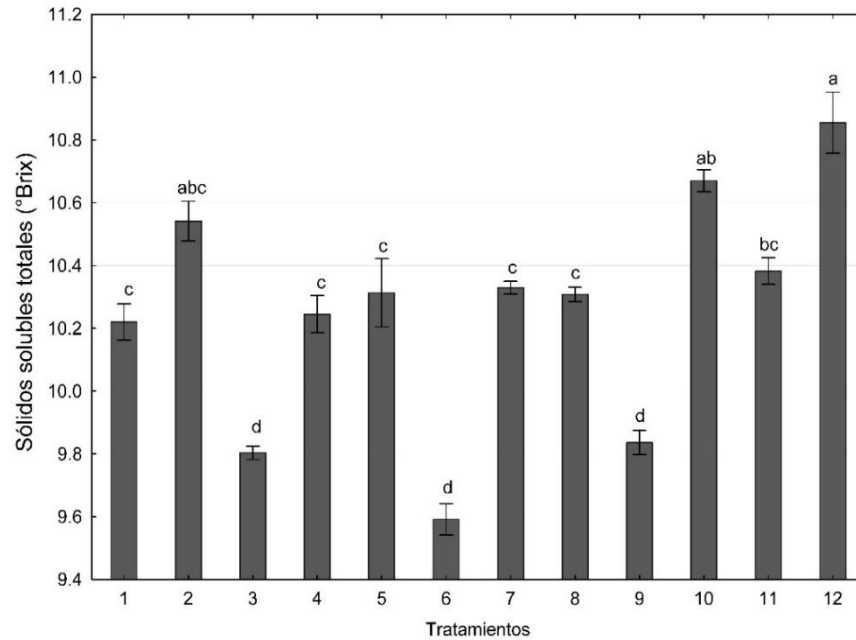


Figura 5. Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en los sólidos solubles totales (SST) de mini pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo cubierta. Medias con diferente letra en cada columna indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

4.6 Diámetro polar del fruto

De acuerdo con el análisis de varianza en la variable de diámetro polar del fruto, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), posicionando como mejor tratamiento a T3 Sin PH+AH[5.0 ml L⁻¹] (Sustrato) (Figura 6), con un diámetro polar del fruto de 8.69 fruto⁻¹ respectivamente.

Estos resultados pudieran deberse al uso de ácidos húmicos que logran una mejor absorción de nutrientes por parte de las plantas (Reyes-Pérez *et al.*, 2021). Concuerta Ferrara y Brunetti (2010), donde aplicaron ácidos húmicos, y lograron incrementar la longitud de los frutos de uva. De la misma manera Reyes-Pérez *et al.* (2021), informa que los ácidos húmicos muestran valores significativos en diámetros y peso fruto, superando a los tratamientos quitosano y hongos micorrízicos, los cuales a su vez superaron al control.

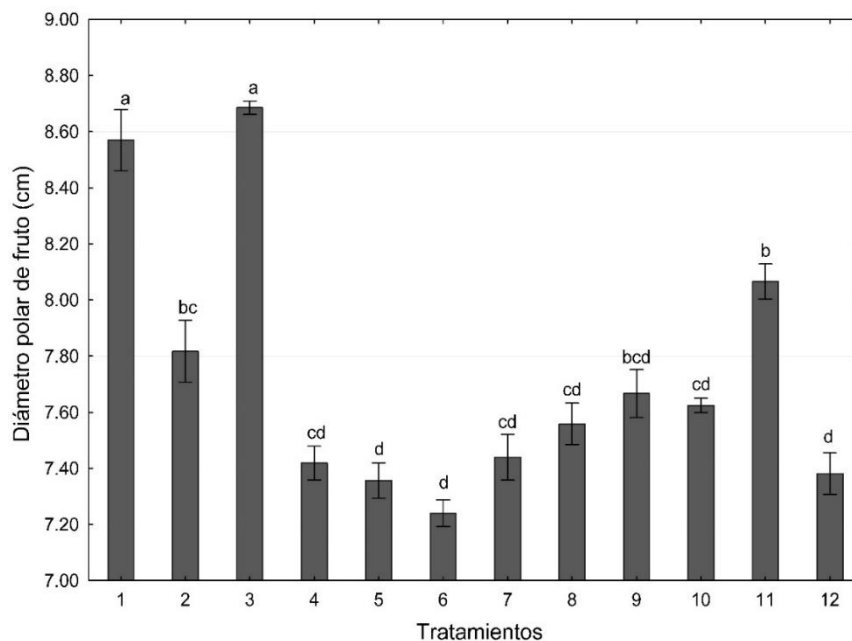


Figura 6. Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en el diámetro polar del fruto de mini pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo cubierta. Medias con diferente letra en cada columna indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

4.7 Diámetro ecuatorial del fruto

De acuerdo con el análisis de varianza en la variable de diámetro ecuatorial del fruto, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), posicionando como mejor tratamiento a T3 Sin PH+AH[5.0 ml L⁻¹] (Sustrato) (Figura 7), con un diámetro ecuatorial del fruto de 3.46 cm por fruto⁻¹ respectivamente.

Esto está relacionado con la acción bioestimulante y biorreguladora de los ácidos húmicos y a la absorción mejorada de nutrientes, que experimenta la planta durante su ciclo biológico. Donde los ácidos húmicos provocaron ligeros incrementos de diámetro de los frutos con respecto al testigo (sin aplicación), con valores que oscilaron entre 3,90 cm, Zayas (2018). En contraste con los hallazgos de Yildirim (2007), quien determinó un aumento significativo en el diámetro y la longitud de la fruta en respuesta a la aplicación de ácidos húmicos en frutos de tomate.

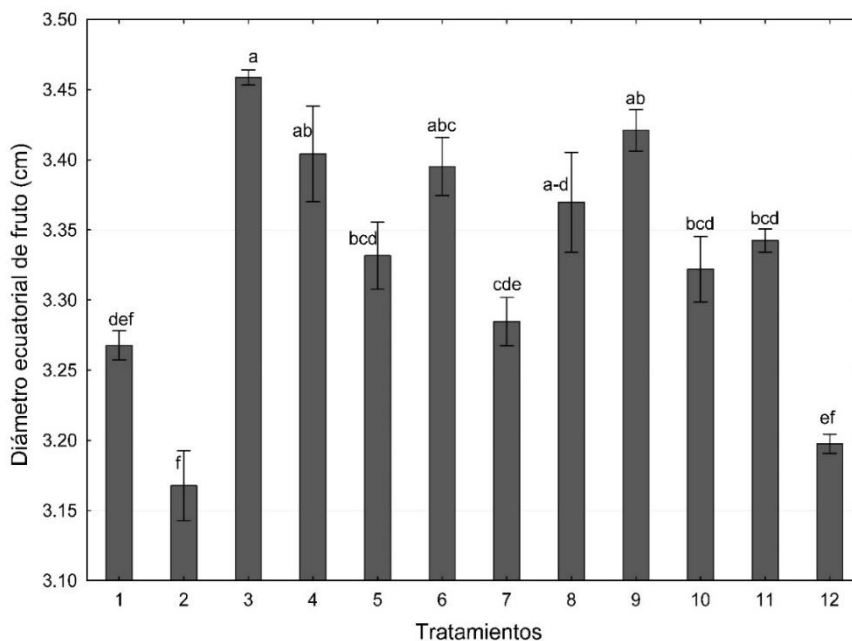


Figura 7. Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en el diámetro ecuatorial del fruto de mini pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo cubierta. Medias con diferente letra en cada columna indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

4.8 Número de lóculos por fruto

De acuerdo con el análisis de varianza en la variable de número de lóculos, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), posicionando como mejor tratamiento a T11 PH [2.5 ml L⁻¹] (Foliar) + PH [2.5 ml L⁻¹] (Sustrato)+ AH[5.0 ml L⁻¹] (Foliar) (Figura 8), con un número de lóculos promedio de 2.81 por fruto⁻¹ respectivamente.

Los chiles pimientos consideran criterios de calidad frutos de tres lóculos para mercado fresco y para industria 4 lóculos (Guerra *et al.*, 2022). Las aplicaciones del T11, mantiene cierta calidad respecto a los demás tratamientos incluyendo el control.

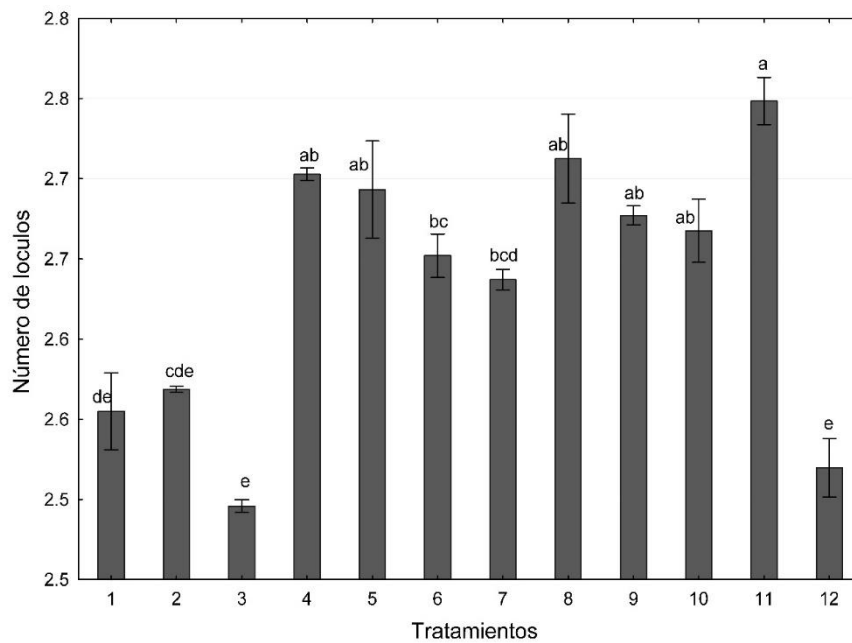


Figura 8. Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en el número de lóculos por fruto de mini pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo cubierta. Medias con diferente letra en cada columna indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

4.9 Grosor de pericarpio

De acuerdo con el análisis de varianza en la variable de grosor de pericarpio, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), posicionando como mejor tratamiento a T7 PH[5.0 ml L⁻¹] (Sustrato)+Sin AH (Figura. 9), con un grosor de pericarpio de 3.82 mm fruto⁻¹ respectivamente.

El grosor del pericarpio está relacionado con el rendimiento, donde el tratamiento T7, las aplicaciones de proteínas hidrolizadas a sustrato mejoro los componentes del rendimiento (Koukounararas *et al.*, 2013).

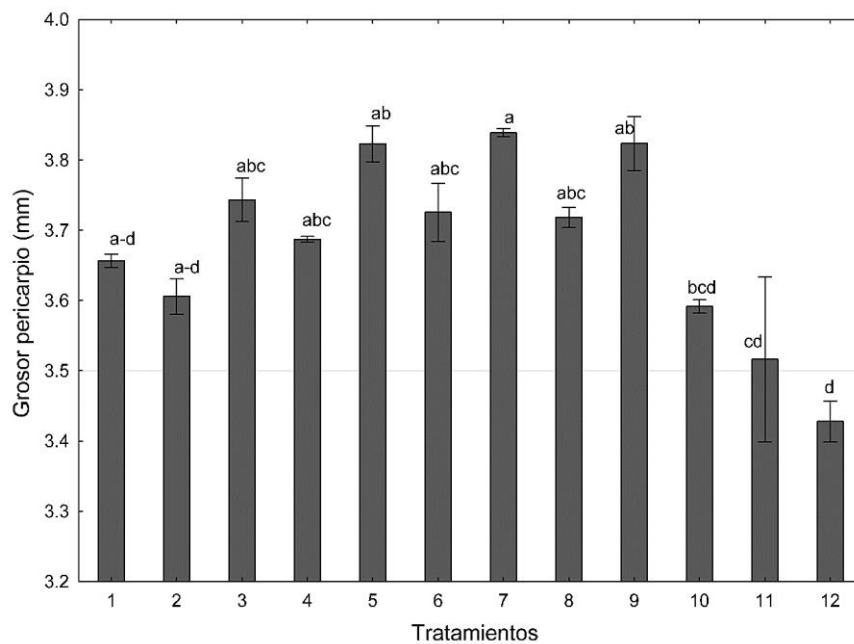


Figura 9. Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en el grosor de pericarpio de mini pimiento (*Capsicum annum* L.) bajo cubierta. Medias con diferente letra en cada columna indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

4.10 Altura de la Planta

De acuerdo con el análisis de varianza en la variable de altura de la planta, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), posicionando como mejor tratamiento a T6 PH[5.0 ml L⁻¹] (Foliar)+AH[5.0 ml L⁻¹] (Sustrato) (Figura. 10), con una altura de 95.1 cm respectivamente.

La sinergia entre las proteínas hidrolizadas y los ácidos húmicos, estimulo crecimientos mayores en la planta, trabajos realizados por Colla *et al.* (2013) donde menciona que al aplicar de manera foliar proteínas hidrolizadas 2.5 ml L⁻¹ "Trainer", aumentaron la altura de plantas de tomate.

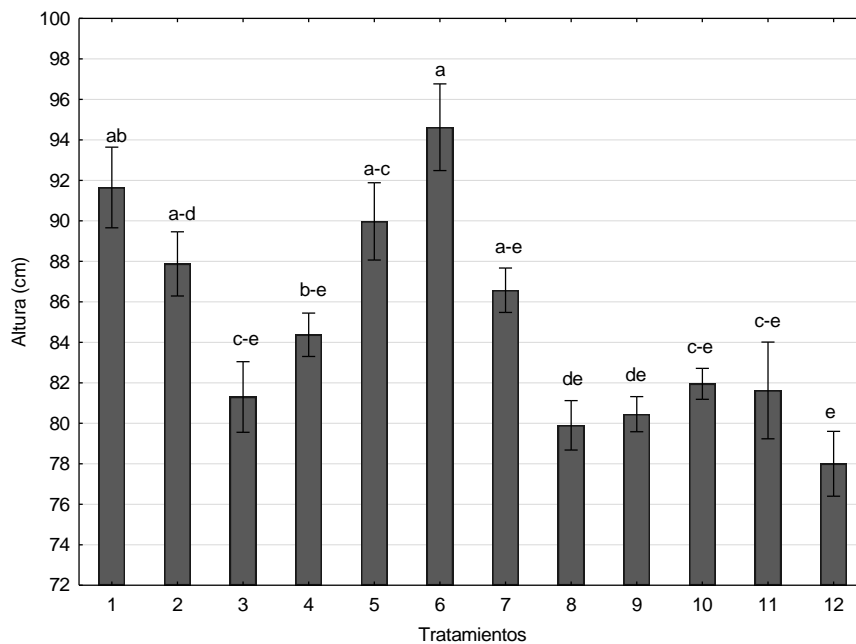


Figura 10 Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en la altura de la planta de mini pimiento (*Capsicum annuum L.*) bajo cubierta. Medias con diferente letra en cada columna indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

4.11 Índice de Clorofila (SPAD)

De acuerdo con el análisis de varianza en la variable de Índice de Clorofila, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), posicionando como mejor tratamiento a T4 PH[5.0 ml L⁻¹] (Foliar)+ Sin AH (Figura. 11), con índice de clorofila de una altura de 52.1 respectivamente. Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Colla *et al.* (2017) donde reporta valores del índice de clorofila de 51, muy similares con los datos obtenidos con el tratamiento T4. El índice de clorofila aumentó de manera significativa, aplicando proteínas hidrolizadas de manera foliar en lechugas baby cultivadas en balsas flotantes (Colla *et al.*, 2013).

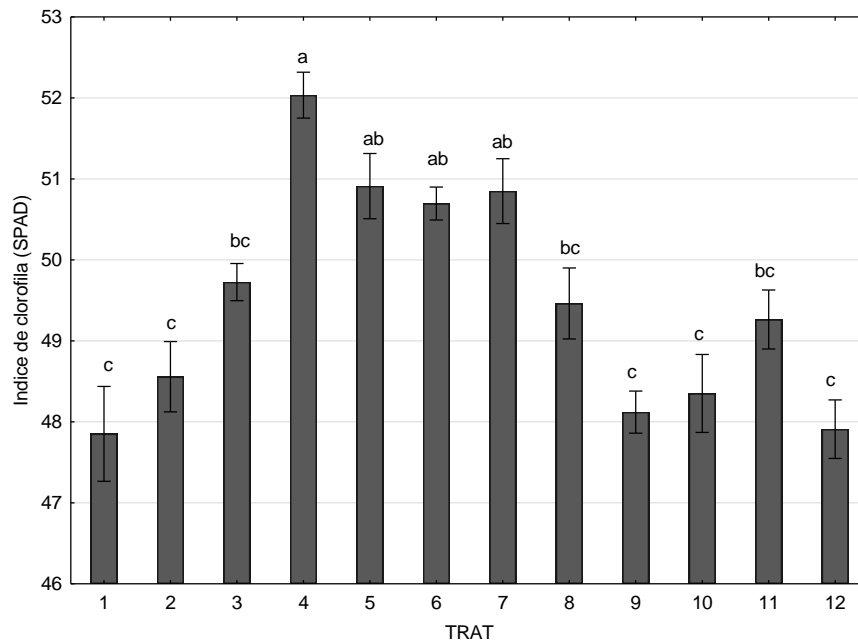


Figura 11 Efecto de la bioestimulación a base de ácidos húmicos y proteínas hidrolizadas de origen vegetal en el índice de clorofila (SPAD) de mini pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo cubierta. Medias con diferente letra en cada columna indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

4.12 Análisis Multivariado (BIPLOT)

El análisis multivariado de componentes principales (CP) de las 12 variables en características de rendimiento y calidad de fruto en Mini Sweet Pepper permitió agrupar 4 componentes principales que explicaron el 59.3% de la varianza total existentes en los tratamientos.

En biplot (Figura 12) podemos agrupar los tratamientos en cuatro grupos de acuerdo con las variables que le favorecen. El grupo 1, está conformado por los tratamientos 5, 7 y 8 que están relacionado con las variables de numero de frutos, numero de lóculos y rendimiento, en cuanto grupo 2, los tratamientos 12, 2 y 10, cuenta con características relacionadas con SST. En la variable de diámetro polar los tratamientos 3 y 1 con forman el grupo 3. En cuanto a los tratamientos 6, 9, 4 y 11 pertenecen al grupo 4, donde le favorecen el diámetro ecuatorial, firmeza, peso fresco, altura, grosor pericarpio e índice de clorofila. Concuerda con trabajos realizados en tomate bajo invernadero aplicando proteína hidrolizada, agrupando los componentes principales en cuatro grupos (Colla *et al.*, 2017).

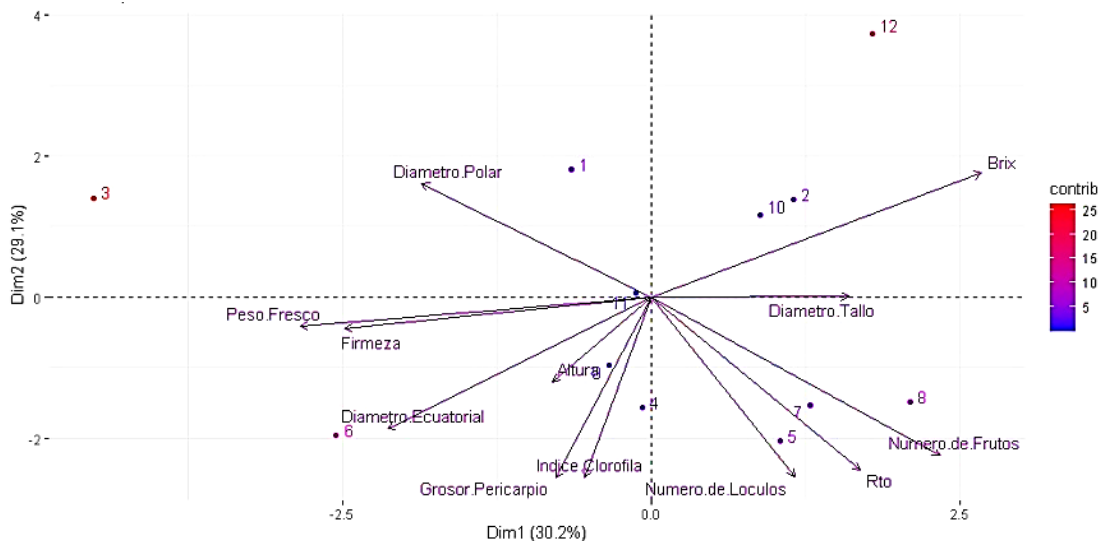


Figura 12 Dispersión grafica de 12 tratamientos en Mini pimiento (*Capsicum annum L.*), considerando los primeros dos componentes principales.

4.13 Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados o clúster (Scott and Knott, 1974), de los 12 tratamientos se agruparon de acuerdo al dendograma (Figura 13), muestra la formación de los conglomerados, así como la distancia entre ellos, permitiendo la agrupación de 4 grupos.

El grupo 1, corresponde de 5 tratamientos, constituido por los tratamientos 4, 9, 8, 5 y 7, los cuales se caracterizan por tener el mayor número de frutos (49.9) por lo que cuentan con los mejores rendimientos ($1,112.17 \text{ g planta}^{-1}$).

El grupo II, está constituido por 5 tratamientos formados por el tratamiento 1, 2, 10, 11 y 12, que tuvieron SST de 10.53° Brix. El grupo III está integrado solo por el tratamiento 3, este está relacionado con un diámetro polar de 8.68 cm. Para finalizar, el grupo IV está constituido por el tratamiento 6, el cual tiene relación con el diámetro ecuatorial con un valor de 3.40 cm.

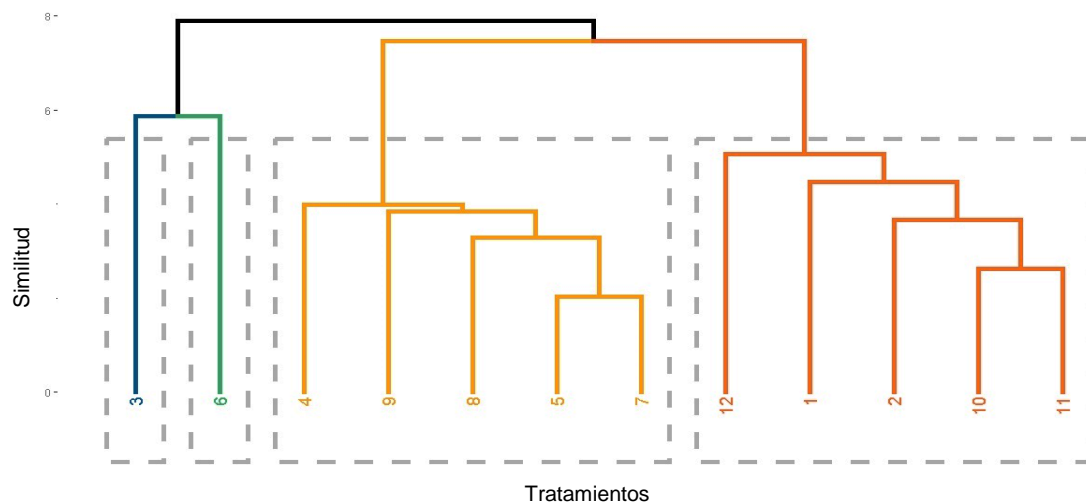


Figura 13 Clasificación grafica de 12 tratamientos en Mini pimiento (*Capsicum annum* L.), mediante un análisis de conglomerados.

CONCLUSIONES

La aplicación de los bioestimulantes proteínas hidrolizadas (Trainer) y ácidos húmicos (Humega-Pro) en diferentes dosis, contribuye al rendimiento

Se mostró que el cultivo de Mini Pimiento (*Capsicum annuum* L.) respondió de manera diferente al modo de aplicación y la concentración de los productos de PH y AH.

Con una dosis de PH[5.0 ml L⁻¹](Sustrato)+AH[5.0 ml L⁻¹](Foliar) se ve afectado el incremento de número de frutos y número de lóculos y por consecuencia el rendimiento de fruto en el cultivo de Mini Pimiento en condiciones de invernadero.

Si bien, con una dosis de PH [2.5 ml L⁻¹] (Foliar) + PH [2.5 ml L⁻¹] (Sustrato) + AH [5.0 ml L⁻¹] (Sustrato) incrementan los valores de SST (° Brix) por lo que se obtiene frutos con mayores niveles de azúcar.

Con una dosis de PH[5.0 ml L⁻¹] (Foliar) aumentaron los parámetros del índice de clorofila (SPAD) por lo que las plantas mostraron una mayor asimilación de nitrógeno teniendo así un cultivo más vigoroso y de mejor calidad.

Dicha investigación concluyó que el uso combinado de PH y AH puede ser una opción agronómica útil y de carácter de mejora ambiental para obtener mayores rendimientos y características de calidad, incluso en condiciones óptimas o subóptimas.

APENDICE

Cuadro 3 Cuadros Medios para las variables de rendimiento en Mini Pimiento (*Capsicum annum L.*)

F.V	GL	Numero de Frutos		Rto (gr)		Peso Fresco (gr)		Diametro Polar (cm)		Diametro Ecuatorial (cm)	
Rep	3	473.7	**	39584	*	8.96	*	0.047	ns	0.0130	ns
Trat	11	116.7	ns	83697	**	17.85	**	0.896	**	0.0313	**
Error	33	103.0		11192.40		2.74		0.088		0.0066	
Total	47										
C.V %		22.16		10.56		7.37		12.94		2.43	

F.V Fuente de variación; GL. Grados de Libertad; C.V. Coeficiente de Variación; ns=no significativo, *=significativo al 0.05, **=significativo al .01

Cuadro 4 Cuadros Medios para las variables de calidad en Mini Pimiento (*Capsicumm annum L.*)

F.V	GL	Numero de Loculos		Grosor Pericarpio (mm)		° BRIX		Firmeza (N)	
Rep	3	0.0116	ns	0.0169	ns	0.060	ns	0.117	ns
Trat	11	0.0267	**	0.0647	*	0.532	**	0.663	**
Error	33	0.0040		0.0283		0.054		0.147	
Total	47								
C.V %		2.42		4.58		2.25		3.00	

F.V Fuente de variación; GL. Grados de Libertad; C.V. Coeficiente de Variación; ns=no significativo, *=significativo al 0.05, **=significativo al .01

Cuadro 5 Cuadros Medios para las variables de crecimiento de la planta de Mini pimiento (*Capsicum annum L.*)

FV	GL	SPAD		DIAM		ALT	
Rep	3	5.6	ns	2.98	ns	34.4	ns
TRAT	11	7.7	**	2.02	ns	110.0	*
Error	33	2.1		2.27		42.3	
Total	47						
CV %		2.90		6.20		7.70	

F.V Fuente de variación; GL. Grados de Libertad; C.V. Coeficiente de Variación; ns=no significativo, *=significativo al 0.05, **=significativo al .01

Figura 13 Comportamiento de la altura de planta en el cultivo de Mini Pimiento (*Capsicum annum L.*) en diferentes tratamientos bajo condiciones de invernadero.

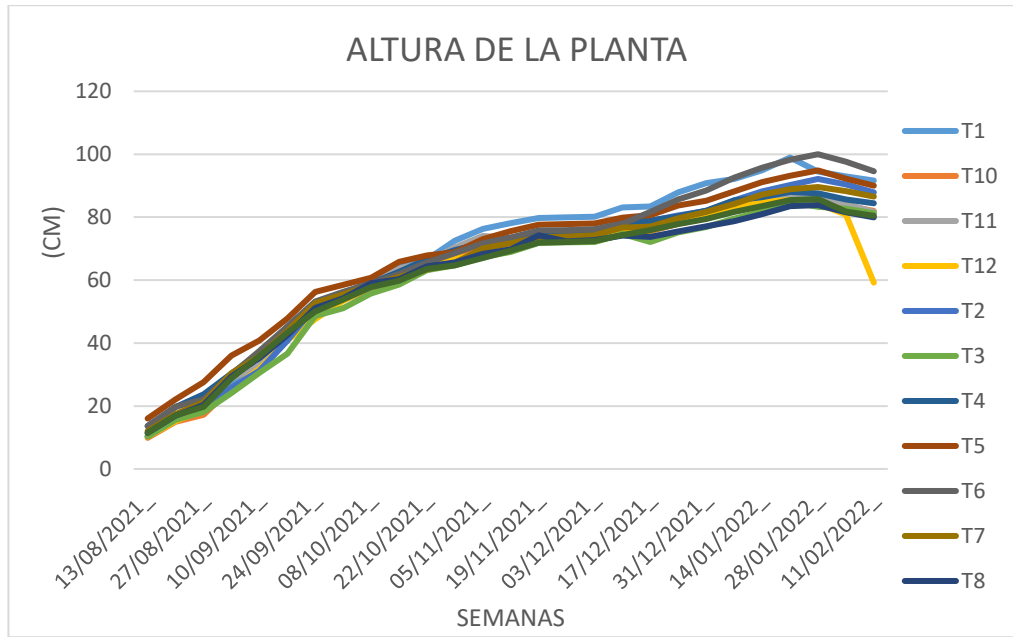


Figura 14 Comportamiento del diámetro del tallo de planta en el cultivo de Mini Pimiento (*Capsicum annum L.*) en diferentes tratamientos bajo condiciones de invernadero.

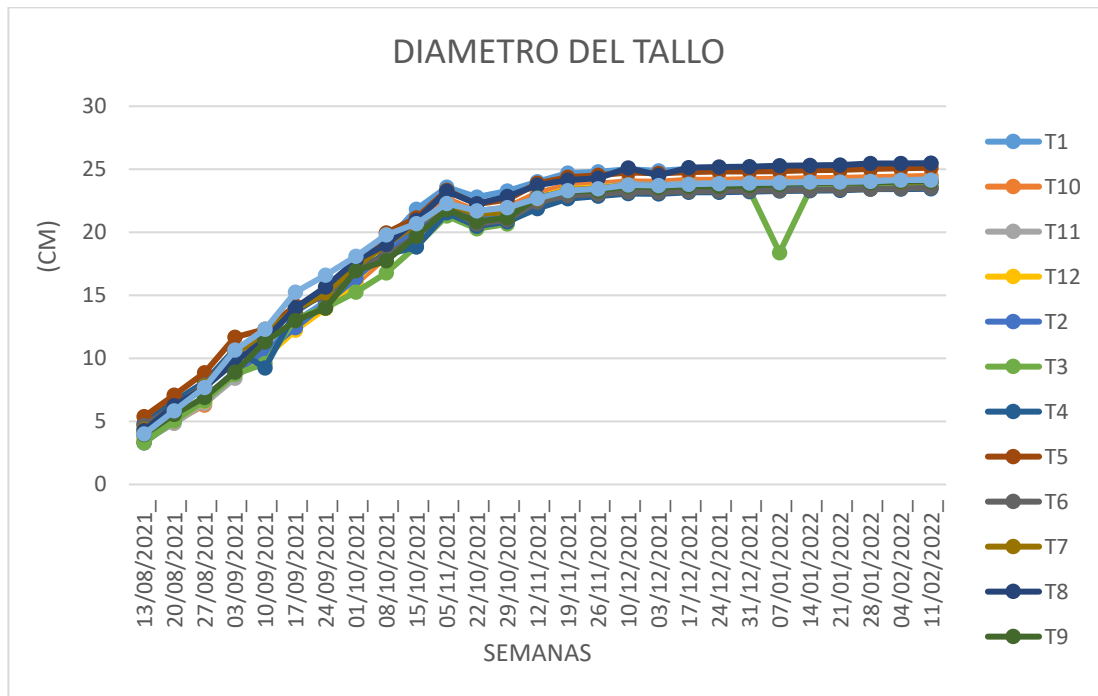
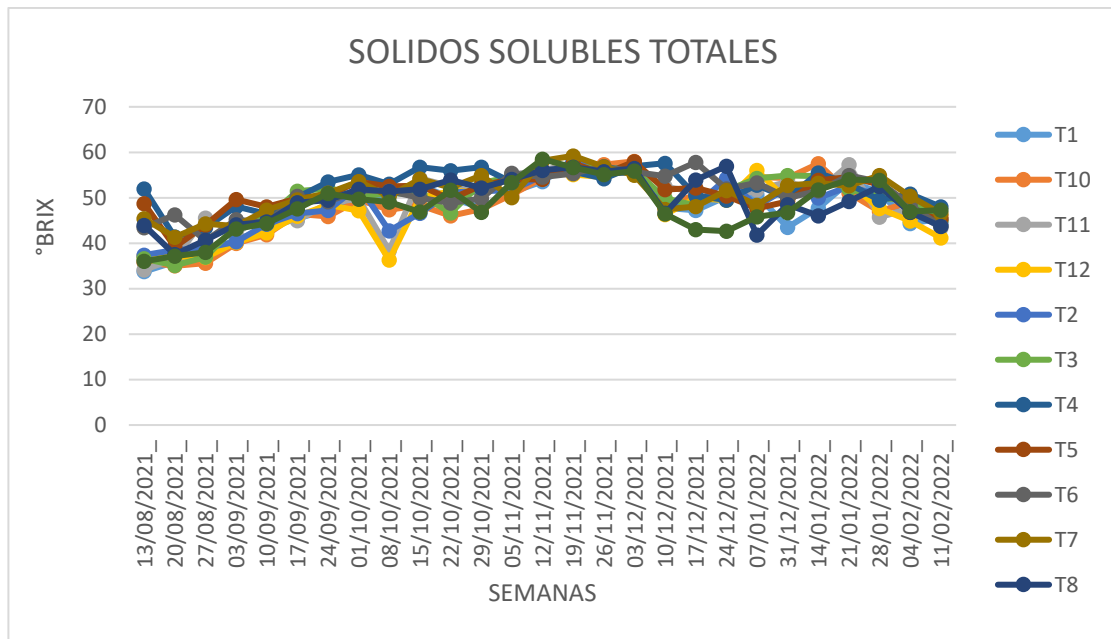


Figura 15 Comportamiento del índice de clorofila (SPAD) en la planta en el cultivo de Mini Pimiento (*Capsicum annum L.*) en diferentes tratamientos bajo condiciones de invernadero.



Cuadro 6 Vectores y valores propios de los componentes principales en variables de calidad, rendimiento y morfológicas de 12 tratamientos en Mini Pimiento (*Capsicum annum L.*) bajo condiciones de invernadero.

Variable	CP1	CP2	CP3
Numero de Frutos	0.356	-0.348	0.046
Rto	0.257	-0.380	-0.288
Peso Fresco	-0.433	-0.064	-0.232
Diámetro Polar	-0.283	0.250	-0.466
Diámetro Ecuatorial	-0.325	-0.290	-0.048
Numero de Lóculos	0.177	-0.393	0.059
Grosor Pericarpio	-0.117	-0.397	-0.319
Brix	0.406	0.274	0.104
Firmeza	-0.378	-0.069	0.309
Índice Clorofila	-0.082	-0.396	0.300
Diámetro Tallo	0.244	0.002	-0.583
Altura	-0.122	-0.186	-0.021
Valor propio	3.628	3.494	1.537
Varianza explicada (%)	30.2318	29.11	12.81
Varianza acumulada (%)	30.2318	59.35	72.15

CP=Componente Principal 1, 2 y 3

LITERATURA CITADA

- Adamchak, R., 2018. Organic farming, Encyclopaedia Britannica. Disponible en: <https://www.britannica.com/topic/organic-farming>.
- Alarcón-Zayas, A., Barreiro-Elorza, P., Boicet-Fabré, T., Ramos-Escalona, M., & Morales-León, J. Á. (2018). Influencia de ácidos húmicos en indicadores bioquímicos y físico-químicos de la calidad del tomate. *Revista Cubana de Química*, 30(2), 243-255.
- Alarcón-Zayas, A., Barreiro-Elorza, P., Boicet-Fabré, T., Ramos-Escalona, M., & Morales-León, J. Á. (2018). Influencia de ácidos húmicos en indicadores bioquímicos y físico-químicos de la calidad del tomate. *Revista Cubana de Química*, 30(2), 243-255.
- Arteaga, M., Garcés, N., Guridi, F., Pino, J. A., López, A., Menéndez, J. L., & Cartaya, O. (2006). Evaluación de las aplicaciones foliares de humus líquido en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Var. Amalia en condiciones de producción. *Cultivos Tropicales*, 27(3), 95-101.
- Atiyeh, RM, Edwards, CA, Metzger, JD, Lee, S. y Arancon, NQ (2002). La influencia de los ácidos húmicos derivados de los desechos orgánicos procesados por lombrices de tierra en el crecimiento de las plantas. *Tecnología de biorecursos*, 84,7-14.
- Atiyeh, RM, Edwards, CA, Metzger, JD, Lee, S. y Arancon, NQ (2002). La influencia de los ácidos húmicos derivados de los desechos orgánicos procesados por lombrices de tierra en el crecimiento de las plantas. *Tecnología de biorecursos*, 84,7-14.
- Beckles, D. M. 2012 Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*., 63(1), 129–140.

- Botta, A., (2013). Enhancing plant tolerance to temperature stress with amino acids: an approach to their mode of action. *Acta Hort.* 1009: 29–35.
- Calderín, A, Portuondo, Liane, Hernández, O, Pascualoto, L, Guridi, F. (2009) Ácidos Húmicos de Vermicompost estimulan la actividad de peroxidasas en plántulas de arroz (*Oriza Sativa*, L var. IA-Cuba-30). CD-ROM Congreso Internacional de Ciencias Agropecuarias.
- Calvo, P., Nelson, L., and Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil* 383: 3-41.
- Campus Bernardi, A.C., J.C. Polidoro, M.B. de Melo Monte, E.I. Pereira, C.R. de Oliveira, K. Ramesh. 2016. Enhancing Nutrient Use Efficiency Using Zeolites Minerals-A Review. *Aces* 6: 295-304
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia horticultrae*, 196, 15-27.
- Canellas, L.P. (2002). Bioatividade de ácidos húmicos: efeito sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (37), pp:1301-1310.
- Carchuna La Palma. 2023. Revisado 15 Mayo. www.lapalmacoop.com.
- Carrari, F.; Asis, R.; Fernie, A. R. 2007 "The metabolic shifts underlying tomato fruit development". *Plant Biotechnology Journal.*, 24(1), 45–55.
- Colla, G., Cardarelli, M., Bonini, P., and Rouphael, Y. (2017b). Foliar applications of protein hydrolysate, plant and seaweed extracts increase yield but differentially modulate fruit quality of greenhouse tomato. *HortScience* 52(9): 1214-1220.
- Colla, G., Hoagland, L., Ruzzi, M., Cardarelli, M., Bonini, P., Canaguier, R., and Rouphael, Y. (2017a). Biostimulant action of protein hydrolysates: unraveling their effects on plant physiology and microbiome. *Frontiers in plant science*, 8: 2202.

- Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R., *et al.* (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic.* 196: 28-38.
- Colla, G., Roupshael, Y., Canaguier, R., Svecova, E. y Cardarelli, M. (2014). Acción bioestimulante de un hidrolizado proteico de origen vegetal producido mediante hidrólisis enzimática. *Ciencia de la planta* 5(448), 448
- Colla, G., Roupshael, Y., Canaguier, R., Svecova, E., and Cardarelli, M. (2014). Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Frontiers in Plant Science*, 5: 448.
- Colla, G., Roupshael, Y., Lucini, L., Canaguier, R., Stefanoni, W., Fiorillo, A., and Cardarelli, M. (2016). Protein hydrolysate-based biostimulants: origin, biological activity and application methods. *Acta Horticulturae*, 1148: 27-34.
- Colla, G., Svecova, E., Roupshael, Y., Cardarelli, M., Reynaud, H., Canaguier, R., and Planques, B. (2013). Effectiveness of a plant –derived protein hydrolysate to improve crop performances under different growing conditions. *Acta Hortic.* 1009: 175-179.
- Cozzolino, E.; Di Mola, I.; Ottaiano, L.; El-Nakhel, C.; Roupshael, Y.; Mori, M. La aplicación foliar de bioestimulantes de origen vegetal mejora el rendimiento y mejora las características cualitativas del tomate procesado. *italiano J. Agron.*(2021), dieciséis, 1825. [Referencia cruzada]
- Devarajan, V.; Ravichandran, V. Nanoemulsiones: como herramienta de administración de fármacos modificada. *Farmacia globo* /2011), 2, 1–6.
- Di Mola, I.; Cozzolino, E.; Ottaiano, L.; Giordano, M.; Roupshael, Y.; Colla, G.; Mori, M. (2019) Efecto de los bioestimulantes a base de extractos vegetales y de algas marinas sobre las características agronómicas y de calidad de las hojas de lechugas tiernas cultivadas en túneles de plástico bajo cuatro regímenes de fertilización con nitrógeno. *Agronomía*, 9, 571.

- Dobbss, L. B. *et al.* "Bioactivity of chemically transformed humic matter from vermicompost on plant root growth". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010. 58(6), 3681–3688.
- du Jardin P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories, and regulation [*Scientia Horticulturae*].196:3-14.
- du Jardin, (2015) P. Bioestimulantes vegetales: Definición, concepto, principales categorías y regulación. *ciencia Hortico.*,196, 3–14.
- du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation 2015 *In* Biostimulants in Horticulture. *Scientia Horticulturae* Volume 196:3-14.
- El-Nemr, M. A., El-Desuki, M., El-Bassiony, A. M., & Fawzy, Z. F. (2012). Response of growth and yield of cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) to different foliar applications of humic acid and bio-stimulators. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(3), 630-637.
- Ertani, A., Cavani, L., Pizzeghello, D., Brandellero, E., Altissimo, A., Ciavatta, C., *et al.* (2009). Biostimulant activity of two protein hydrolyzates in the growth and nitrogen metabolism of maize seedlings. *J. Plant Nutr. Soil Sci*, 172: 237–244.
- Ertani, A., Pizzeghello, D., Francioso, O., Sambo, P., Sanchez-Cortes, S., & Nardi, S. (2014). *Capsicum chinensis* L. growth and nutraceutical properties are enhanced by biostimulants in a long-term period: Chemical and metabolomic approaches. *Frontiers in Plant Science*, 5, 375.
- Ertani, A., Schiavon, M., Muscolo, A., and Nardi, S. (2013). Alfalfa plant-derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed *Zea mays* L. plants. *Plant Soil*, 364:145–158.
- Façanha, A.R., Façanha, A.L.O., Olivares, F.L., Guridi, F., Santos, G.A., Velloso, A.C.X., Rumjanek, V.M., Brasil F., Schripsema, J., Braz-filho, R., Oliveira, M.A. y Canellas, L.P. (2002). Bioatividade de ácidos húmicos: efeito sobre

o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (37), pp:1301- 1310.

Feitosa de Vasconcelos, A. C., Zhang, X., Ervin, E. H., de Castro Kieh, J. (2009). Enzymatic antioxidant responses to biostimulants in maize and soybean subjected to drought. *Scientia Agricola*, 66(3): 395-402.

Ferrara, G.; Brunetti, G. (2010) "Effects of times of application of a soil humic acid on Berry quality of table grape (*Vitis vinífera* L.) cv. Italia". *Spanish Journal of Agricultural Research*. 8(3), 817–822.

Fiorentino, N., Ventrino, V., Woo, S. L., Pepe, O., De Rosa, A., Gioia, L., ... & Roupael, Y. (2018). Trichoderma-based biostimulants modulate rhizosphere microbial populations and improve N uptake efficiency, yield, and nutritional quality of leafy vegetables. *Frontiers in plant science*, 9, 743.

Garcés, N.; Marbot, R.; Ramos, R.; García, Lidia. (2003). Sustancias con actividad biológica sobre las plantas en el producto Liplant (Humus Líquido). V Encuentro de la Agricultura Orgánica de la ACTAF, Resúmenes. La Habana, Cuba, p: 71.

García Yagehiry, A. (2004). Efectos de las aplicaciones foliares en diferentes concentraciones de Liplant en el cultivo del tomate (*Lycopersicum sculentus*). Trabajo de curso. Departamento de Ciencias del Suelo. Facultad de Agronomía.

García, C, Gómez, P. (2013). La Hortaliza Snack se consolida como una solución específica y rentable para vending. Revisado 15 Mayo: www.hostelvending.com/noticias/noticias.php?n=4431

García, C. González, A. Moya, M., Gómez, P. (2012a). Análisis de producción y calidad de fruto de pepinos snack. Actas de Horticultura. *XIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas*. Resúmenes. Almería, España. 16 – 20 abril. p. 92

- García, C. González, A. Moya, M., Gómez, P. (2012b). Alternativas a la comercialización de pepino: variedades snack. Actas de Horticultura. *XIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas*. Resúmenes. Almería, España 16 – 20 abril. p. 42
- García, S. D. (2017). Bioestimulantes Agrícolas, Definición, Principales Categorías y Regulación a Nivel Mundial. Serie Nutrición Vegetal Núm. 94. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.
- Gasco MR, Gallarate M, Pattarino F (1991) In vitro permeation of azelaic acid from viscosized microemulsions. *Int J Pharm* 69:193–196
- Giacomin, R. M., Constantino, L. V., Nogueira, A. F., Ruzza, M. B. C., Morelli, A. M., Branco, K. S., ... & Gonçalves, L. S. A. (2021). Post-Harvest Quality and Sensory Evaluation of Mini Sweet Peppers. *Horticulturae*, 7(9), 287.
- González, L., Jiménez, M., Castillo, D., Martínez, I., Cambara, A., & Falcón, A. (2018). Respuesta agronómica del pepino a la aplicación de QuitoMax en condiciones de organoponía. *Revista Centro Agrícola*, 45(3), 27-31.
- Gortari, G. F. G., Lopez, L. P. L., & Blanco, J. E. E. (2018). Variables que Influyen en el consumo de Mini Sweet Bell Peppers por parte de la población NSE C-, C+ de Hermosillo, Sonora, México. *Revista Vértice Universitario*, (79), 22-31
- Guerra, M., Gómez, RM, Sanz, M. Á., Rodríguez-González, Á., & Casquero, PA (2022). Efecto del Peso del Fruto y Número de Lóculos del Fruto en Pimiento Morrón sobre los Residuos Industriales y la Calidad del Pimiento Asado. *Horticulturae* , 8 (5), 455.
- Guzmán M. y Sánchez. (2000). Sistemas de explotación y tecnología de producción. Curso Internacional de: Ingeniería, Manejo y operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas. Guadalajara, Jalisco. Agosto 21-26.HortMarkets. .

- Halpern, M.; Bar-Tal, a.; Ofek, M.; Minz, D.; Muller, T.; Yermiyahu, U. (2015). Chapter two -The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Advances in Agronomy*, v. 130, p. 141-174.
- Haytova, D. (2013). A review of foliar fertilization of some vegetables crops. *Annual Research & Review in Biology*, 455-465.
- Heidmann, I., De Lange, B., Lambalk, J., Angenent, G. C., & Boutilier, K. (2011). Efficient sweet pepper transformation mediated by the BABY BOOM transcription factor. *Plant cell reports*, 30, 1107-1115.
- Ibrahim, A., Abdel-Razzak, H., Wahb-Allah, M., Alenazi, M., Alsadon, A., & Dewir, Y. H. (2019). Improvement in growth, yield, and fruit quality of three red sweet pepper cultivars by foliar application of humic and salicylic acids. *HortTechnology*, 29(2), 170-178.
- Jaiswal, M., Dudhe, R., & Sharma, P. K. (2015). Nanoemulsion: an advanced mode of drug delivery system. *3 Biotech*, 5, 123-127.
- Kader, A. A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops*, p. 535. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Publication 3311.
- Karakurt, Y., Unlu, H., Unlu, H., & Padem, H. (2009). The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of pepper. *Acta Agriculture-Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 59(3), 233-237.
- Kauffman, G.L., Kneivel, D.P., Watschke, T.L. (2007). Effects of a Biostimulant on the Heat Tolerance Associated with Photosynthetic Capacity, Membrane Thermostability, and Polyphenol Production of Perennial Ryegrass. *Crop Science*. 47:261-267.
- Khan, R. U., Khan, M. Z., Khan, A., Saba, S., Hussain, F., & Jan, I. U. (2018). Effect of humic acid on growth and crop nutrient status of wheat on two different soils. *Journal of plant nutrition*, 41(4), 453-460.

- Koukounararas, A., Tsouvaltzis, P. & Siomos, A.S. (2013) Effect of root and foliar application of amino acids on the growth and yield of greenhouse tomato in different fertilization levels J. Food Agr. Environ. 11 644 648
- Kriwet K, Müller-Goymann C (1995) Diclofenac release from phospholipid drug systems and permeation through excised human stratum corneum. Int J Pharm 125:231–242
- Liu, R. y Lal, R. (2014). Synthetic apatite nanoparticles as a phosphorus fertilizer for soybean (*Glycine max*). Scientific report
- Lucini, L., Roupael, Y., Cardarelli, M., Canguier, R., Kumar, P., and Colla, G. (2015). The effect of a plant-derived biostimulant on metabolic profiling and crop performance of lettuce grown under saline conditions. *Sci. Hortic.* 182: 124–133.
- Mackowiak, C. L., Grossl, P. R., & Bugbee, B. G. (2001). Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. *Soil Science Society of America Journal*, 65(6), 1744-1750.
- Maini, P., (2006). La experiencia del primer bioestimulante, a base de aminoácidos y péptidos: una breve revisión retrospectiva de las investigaciones de laboratorio y los resultados prácticos. fértil. *Agrorum* 1, 29–43.
- Mauromicale, G.; Grazia longo, A. M.; Lo monaco, A. (2011) "The effect of organic supplementation of solarized soil on the quality of tomato fruit". *Scientia Horticulturae.* , 129(2), 189–196.
- Mc. Leod et al., (1982.) Early evolution of chili peppers (*Capsicum*). *Economy Botany* 36 (4).
- Meena, D. (2017). Nano-fertilizantes es una nueva forma de aumentar la eficiencia del uso de nutrientes en la producción de cultivos. *Revista Internacional de Ciencias Agrícolas*. Pág.2

- Nardi, S., Schiavon, M., & Francioso, O. (2021). Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. *Molecules*, 26(8), 2256.
- Nuez Viñals, F., R. Gil Ortega & J. Costa García (1996). El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Mundi-Prensa, Madrid, 607 pp.
- Nuez, F., et al., 1996. El cultivo de pimientos chiles y ajíes. Mundi Prensa. Madrid
- Núñez, J. (2017). Uso de abono orgánico en el crecimiento de plántulas de pimiento (*Capsicum annum* L.). *Universidad Técnica de Cotopaxi. La Maná-Ecuador*.
- Reyes-Pérez, J. J., Rivero-Herrada, M., Solórzano-Cedeño, A. E., Carballo-Méndez, F. D. J., Lucero-Vega, G., & Ruiz-Espinoza, F. H. (2021). Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos como influyen en el crecimiento y desarrollo de pimiento. *Terra Latinoamericana*, 39.
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Bonini, P., & Colla, G. (2017). Synergistic action of a microbial-based biostimulant and a plant derived-protein hydrolysate enhances lettuce tolerance to alkalinity and salinity. *Frontiers in Plant Science*, 8, 131.
- Rouphael, Y.; Colla, G. (2018) Acción bioestimuladora sinérgica: diseño de la próxima generación de bioestimulantes vegetales para la agricultura sostenible. *Frente. ciencia de las plantas* 9, 1655.
- Sadeghi Chah-Nasir, A., Abootalebi Jahromi, A., Behrooznam, B., Hassanzadeh Khankahdani, H., & Ejraei, A. (2023). Effect of Humic Acid and Amino Acid Foliar Applications on the Growth Characteristics, Yield, and Fruit Quality of Tomato (*Solanum lycopersicom* L.). *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 10(4), 287-318.
- Sáez, J. N. P. (1999). Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 231-235.

- SAGARPA). (2013). Fomenta SAGARPA producción y consumo de alimentos orgánicos en México y el mundo. Disponible en: ww.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2013B214.aspx.
- Salas, G. C. (2014). Elaboración de una norma de calidad para pimientos snack. Tesis Master en Producción Vegetal en Cultivos Protegidos. Universidad de Almería. 26 p.
- Saleh, B. K., Kasili, R. W., Mamati, E. G., Araia, W., y Nyende, A. B. (2016). Diversity of pepper (*Capsicum spp.*) genotypes from Eritrea assessed by morphological traits. *Journal of Agricultural Science*, 8(4), 1916-976.
- Scheer J. M. y Ryan C. A. (2002), "The systemin receptor SR 160 from *Lycopersicon peruvianum* is a member of the LRR receptor kinase family", *Proc. Natl. Acad. Sci.* 99: 9585-9590.
- Schiavon, M., Ertani, A., Nardi, S., (2008). Efectos de un hidrolizado de proteína de alfalfa en el gen expresión y actividad de enzimas del ciclo del ácido tricarbóxico (TCA) y metabolismo del nitrógeno en *zea mays* LJ Agric. Química alimentaria 56, 11800–11808
- Scott, A. J., & Knott, M. (1974). A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 507-512.
- Serenella, N., Pizzeghello, D., Muscolob, A., & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology & Biochemistry*, 34, 1527_1536.
- Soteriou, GA; Roupael, Y.; Emmanouilidou, MG; Antoniou, C.; Kyratzis, AC; Kyriacou, (2021) MC Acción bioestimuladora del hidrolizado de proteína vegetal y configuración de las características fisicoquímicas del fruto en sandía injertada. *horticultura7*, 313.
- Steiner AA. 1984. The universal nutrient solution. In: International Society for Soilless Culture, editors. *Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture*; Lunteren (Netherlands). p. 633–649.

- Stevenson, F.J. (1982). *Humus chemistry: Genesis, composition, reactions*. Wiley-Interscience, New York.
- Taiz, L.; Zeiger, E. 2006. *Fisiología Vegetal*. Universitat Jaume I. Publicacions, ed. III. 580 pp.
- Trevisan, S., Pizzeghello, D., Ruperti, B., Francioso, O., Sassi, A., Palme, K., ... & Nardi, S. (2010). Humic substances induce lateral root formation and expression of the early auxin-responsive IAA19 gene and DR5 synthetic element in *Arabidopsis*. *Plant Biology*, 12(4), 604-614.
- Trinidad. (2016). S. A. Abonos Orgánicos. Colegio de Postgraduados. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf>.
- Trotta M (1999) Influence of phase transformation on indomethacin release from microemulsions. *J Control Release* 60:399–405
- Unlu, H. O., Unlu, H., Karakurt, Y., & Padem, H. (2011). Changes in fruit yield and quality in response to foliar and soil humic acid application in cucumber. *Scientific Research and Essays*, 6(13), 2800-2803.
- Vikram, N., Sagar, A., Gangwar, C., Husain, R., & Kewat, R. N. (2022). Properties of humic acid substances and their effect in soil quality and plant health. In *Humus and Humic Substances-Recent Advances*. IntechOpen.
- Willer, H.; Yussefi-Menzler, M.; Sorensen, N (2008). *The World of Organic Agriculture -Statistics and Emerging Trends 2008*; IFOAM: Bonn, Germany; FiBL: Frick, Switzerland.
- Xu, C., and Mou, B. (2017). Drench application of fish-derived protein hydrolysates affects lettuce growth, chlorophyll content, and gas exchange. *HortTechnology*, 27(4): 539-543.
- Yasar Karakurt, Husnu Unlu, Halime Unlu & Huseyin Padem (2009): La influencia de la fertilización foliar y del suelo con ácido húmico en el rendimiento y la

calidad de la pimienta, *Acta Agriculturae Scandinavica*, Sección B – Ciencias del suelo y las plantas, 59:3, 233-237.

Yildirim, E. (2007). Fertilización foliar y suelo de ácido húmico afectan la productividad y la calidad del tomate. *Acta Agriculturae Scandinavica*, Sección B, Ciencias del suelo y las plantas, 57, 182-186.

YILDRIN, E. (2007), "Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato". *Acta Agriculturae Scandinavica*, Section-B Soil and Plant Science., 57(2), 182–186.

Zandonadi, DB, Canellas, LP y Facanha, AR (2007). Los ácidos indolacético y húmico inducen el desarrollo lateral de la raíz a través de una activación concertada de bombas H de plasmalema y tonoplasto. *Planta*, 225, 1583-1595

Zhang, X. (1997). Influence of Plant Growth Regulators on Turfgrass Growth, Antioxidant Status, and Drought Tolerance. Doctor of Philosophy Dissertation. Virginia Polytechnic Institute and State University. 131 p.

FAOSTAT (2013) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en <http://faostat.fao.org> (Marzo 2013).

<https://biofusion.com.mx/>

<https://biofusion.com.mx/productos/convencionales/bioestimulantes.html>

https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2019/Atlas-Agroalimentario-2019

<https://www.aenverde.es/el-mercado-del-pimiento-en-el-mundo/>

<https://www.bioestimulante.cl/trainer>

<https://www.bioflora.com/mexico/producto/?prd=humeqa%20pro>

<https://www.google.com.mx/maps/place/Universidad+Aut%C3%B3noma+Agraria+Antonio+Narro/@25.3534795,101.0330522,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x868872fdd85f3367:0x3f73f2801dba629f!8m2!3d25.3534747!4d-101.0308635>

<https://www.hello-nature.com/es/product/trainer/>

<https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/aspectos-claves-produccion-pimiento-invernadero>