

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Bioestimulación con dos ácidos orgánicos en pimiento (*Capsicum annuum* L.)
en invernadero de tecnología francesa

Por:

Katya Guadalupe Tovar Valenzuela

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO EN HORTICULTURA

Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2025

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Bioestimulación con dos ácidos orgánicos en pimiento (*Capsicum annuum* L.)
en invernadero de tecnología francesa

Por:

Katya Guadalupe Tovar Valenzuela

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para
obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO EN HORTICULTURA


Aprobada por:


Dr. Ruben López Salazar
Presidente


PhD. Eduardo Emilio Madero Tamargo
Vocal


Dr. José Rafael Paredes Jácome
Vocal


Mgtr. Nora Zulema López Salazar
Vocal suplente externo
Unidad Laguna


M.C. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agrícolas

*Coordinación de la División
Agrícola*

Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2025

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Bioestimulación con dos ácidos orgánicos en pimiento (*Capsicum annuum* L.)
en invernadero de tecnología francesa

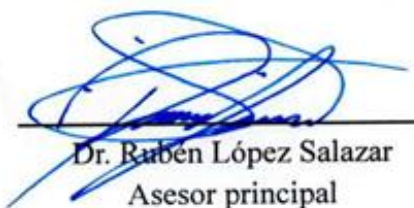
Por:

Katya Guadalupe Tovar Valenzuela

TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de
INGENIERO AGRONOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por Comité de Asesoría:


Dr. Rubén López Salazar
Asesor principal


PhD. Eduardo Emilio Madero Tamargo
Coasesor


Dr. José Rafael Paredes Jácome
Coasesor


Mgtr. Norma Zulema López Salazar
Coasesor externo


M.C. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2025

Dedicatorias

A mis padres:

Raúl Tovar Montoya

María Guadalupe Valenzuela Gonzales

Dedico este trabajo a mis padres, por su apoyo incondicional, amor y sacrificio que han sido base importante en mi educación y mi éxito por ser mi fuente de inspiración, su confianza y fe me han inspirado a alcanzar mis metas académicas este logro es tan suyo como mío.

Agradezco también a mis hermanas

María Elena Tovar

María del Pilar Valenzuela

Por su apoyo constante, por creer en mí y estar siempre a mi lado, les dedico este logro con todo mi corazón.

Agradezco a mis abuelitos

Pablo Valenzuela

Luciana Gonzales

A mis abuelitos que siempre me inspiraron a seguir mis sueños y nunca rendirme, les dedicó este logro con todo mi corazón y gratitud.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Antonio Narro, mi alma Mater, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios y crecer académicamente y proporcionarme los recursos necesarios para llevar a cabo estos proyectos.

Al Dr. Rubén López Salazar por su apoyo incondicional y su tiempo, por su guía y orientación durante la realización de esta investigación, su experiencia y conocimiento han sido fundamentales en mi formación académica, agradezco su confianza, paciencia y motivación, lo que me ha permitido terminar mi investigación.

Al Dr. Eduardo Emilio Madero Tamargo, por sus valiosos consejos que enriquecieron mi enfoque de investigación y contribuyeron significativamente a la calidad de este trabajo.

Al Dr. Rafael Paredes Jácome por su orientación y apoyo en este trabajo.

A mi amiga Andrea Cital por su apoyo, comprensión y estar siempre apoyándome en todo momento durante este proyecto y la carrera.

A mi mejor amiga Mayte Palacio por su apoyo constante, cariño y palabras de aliento durante mi formación.

Cada uno de ustedes ha dejado una huella importante en mi vida y en este trabajo. Gracias por su apoyo incondicional y por creer en mí.

Índice General	
Resumen	vi
Introducción.....	1
Objetivos	2
Hipótesis	2
REVISIÓN DEL LITERATURA	3
Importancia del Pimiento	3
Producción de Pimiento.....	3
Bioestimulación de Pimiento	4
Sustancias Húmicas.....	6
Rentabilidad del Pimiento	8
Invernaderos franceses tipo capilla	9
MATERIALES Y MÉTODOS	10
Localización del experimento	11
Diseño Experimental.....	11
Variables a evaluar.....	11
Actividades del experimento	12
Resultados y discusión	20
Conclusión	27
Bibliografía	28

Índice Imágenes

Imagen 1. Plantula y boli de sustrato.	12
Imagen 2. Charolas con plántula recibida.	12
Imagen 3. Desinfectante y piqueta.	13
Imagen 4. Tablas de nutrición.	13
Imagen 5. Definición de tallo.	13
Imagen 6 Aclareo de planta.	14
Imagen 7. Tutorado de rafia y anillado.	14
Imagen 8. Enrede de la rafia para sostén de la planta.	14
Imagen 9. Poda y eliminación de hojas inferiores.	15
Imagen 10. Eliminación de merma.	15
Imagen 11. Cosecha de pimiento en lados A y B.	16
Imagen 12. Altura de planta.	16
Imagen 13. Vernier medición de tallo.	17
Imagen 14. Medición de fruto.	17
Imagen 15. Medición de diámetro polar.	18
Imagen 16. Medición de diámetro ecuatorial.	18
Imagen 17. Medición del espesor del pericarpio.	19

Índice Figuras

Cuadro 1. Productos utilizados permitidos por COFEPRIS contra plagas y enfermedades ..	10
Cuadro 2 diseño de tratamientos	11
Figura 1. Agrupación de medias de altura de planta de las semanas 35 a 40 en pimiento. 21	
Figura 2. Altura de planta acumulada.....	22
En la figura 3. Agrupación de medias de diámetro de tallo en chile pimiento.	23
En la figura 4. Agrupación de medias de diámetro polar en chile pimiento semana 40.	24
Figura 5. Agrupación de medias de diámetro ecuatorial en chile pimiento semana 40.	24
Figura 6. Agrupación de medias de espesor del pericarpio en chile pimiento semana 40. .	25

Resumen

El *Capsicum annuum* L. pimiento es una de las hortalizas más consumidas a nivel mundial debido a sus propiedades benéficas en la salud, se adapta y produce en invernaderos, los bioestimulantes son sustancias que se aplican a las plantas con el objetivo de mejorar su eficiencia de nutrición, calidad del cultivo, tolerancias al estrés, plagas y enfermedades, aumentan la disponibilidad de nutrientes, rendimiento, calidad y cantidad, los fertilizantes foliares facilitan la absorción y el transporte de macro y micronutrientes, el ácido fulvico aumenta el crecimiento de raíces y brotes, resistencia al estrés y absorción de agua, pueden reducir el uso de fertilizantes, mejorar la producción, aumentar la resistencia al estrés hídrico y térmico y afecta positivamente el crecimiento y la fisiología de las plantas.

El presente trabajo de investigación se realizó en los invernaderos ubicados en San Francisco del Rincón, Guanajuato en el rancho el Pitayo, dicha investigación se hizo con el objetivo de estudiar los efectos de dos bioestimulantes fulvicos y húmicos en el crecimiento y calidad del chile pimiento. Producido bajo invernaderos franceses con estructuras tipo capilla estos de 3.2 hectáreas.

Los tratamientos a evaluar fueron 4; T1 Femu 120 mL de ácidos fulvico disueltos en 20 L de agua, T2 testigo Femu sin compuesto orgánico, T3 Cadalora 120 mL de ácido fulvico + 120 mL de ácido húmico, T4 Cadalora testigo sin compuesto orgánico, donde el tratamiento funcional fue el T3 observándose los resultados de una manera significativa en la semana 38 ya que diámetro de tallo, tamaño de fruto, diámetro polar, ecuatorial y espesor del pericarpio, en el tratamiento de la mezcla de ácidos húmicos y fulvicos resultó favorable y consistente.

Palabras clave: Pimiento, Ácido fulvico, Sustancias húmicas, Bioestimulación, Producción

Introducción

El pimiento es una hortaliza importante y mayor consumida en el mundo por sus grandes propiedades benéficas para la salud, sus frutos frescos, grandes y cuadrados tienen paredes gruesas que rodean las semillas, esta hortaliza que se adapta fácilmente a invernaderos, es originaria de América tropical; su recolecta es según su color y madurez, los frutos son consumidos en el mundo de maneras diferentes como en ensaladas, especia o verdura.

Los biestimulantes son una sustancia o un organismo que se aplica a las plantas con el objetivo de mejorar su eficiencia de nutrición, la calidad del cultivo, las tolerancias al estrés por otro lado reducen plagas y enfermedades, dichas sustancias con propiedades estimulantes y fertilizantes se han registrado como orgánico/minerales y otras como bioestimulantes.

Los bioestimulantes vegetales también designan productos comerciales que contienen mezclas de dichas sustancias o microorganismos; los efectos científicamente demostrados los bioestimulantes mejoran la eficiencia nutricional la tolerancia al estrés abiótico y la calidad de los frutos, los bioestimulantes pueden reducir el uso de fertilizantes, mejorar la producción, aumentar la resistencia al estrés hídrico y térmico y afectar positivamente el crecimiento y la fisiología de las plantas

Los ácidos fulvicos son una sustancia de bajo peso molecular hidrosolubles, se caracteriza por su color entre amarillo y marrón claro, este contiene grupos funcionales como fenólicos, carboxílicos y alcohólicos, lo que le permite quelarse con aniones y cationes, tiene bajo peso molecular y mayor contenido de oxígeno, su tamaño es comparativamente pequeño por ello puede penetrar fácilmente a las hojas, tallos y raíces de las plantas. La eficiencia agronómica del ácido fúlvico es mayor que la del ácido húmico como pulverización foliar, debido a su alta solubilidad en medios de bajo pH, un estándar considerado para la alimentación foliar, pueden mejorar la absorción de nutrientes, mejorar la salud de la planta, acrecentar la resistencia a enfermedades, la tolerancia al estrés, estimular el crecimiento, desarrollo y mejorar la calidad del fruto.

El invernadero francés tipo capilla o bien multicapilla es perfecto para climas templados y cálidos, se caracteriza por la forma de sus cubiertas formadas por arcos curvos semicirculares y estructura metálica, estos tienen gran resistencia a vientos fuertes, al tener escasos obstáculos en su estructura facilita las labores agronómicas en su interior y permite un buen reparto de luminosidad, así como también sus altura y volumen permite una buena ventilación y estanqueidad a la lluvia y al aire lo que ofrece una gran persistencia térmica y control del clima.

Objetivos

Evaluar el efecto de la bioestimulación con dos ácidos orgánicos los cuales son ácido fulvico y ácido húmico en el cultivo de pimiento bajo invernadero francés con el fin de mejorar el crecimiento, calidad y producción de la fruta.

Hipótesis

La bioestimulación con ácidos orgánicos (ácido húmico y ácido fólico) mejorará significativamente el crecimiento, la calidad y la producción de pimiento (*Capsicum annuum*) bajo invernadero francés, en comparación con un tratamiento control sin bioestimulación.

REVISIÓN DEL LITERATURA

Importancia del Pimiento

El *Capsicum annum* L, es un cultivo hortícola, pertenece a la familia de las solanáceas [1], el pimiento es una hortaliza importante y consumida del mundo debido a sus propiedades benéficas en la salud [Werner 2021], el pimiento es consumido a nivel mundial, se adapta y produce en invernaderos (Melo, 1997), su origen se encuentra en la América tropical [2], sus frutos grandes, frescos y cuadrados tienen paredes gruesas que rodean las semillas, se recolectan según su grado de madurez y color, de hojas glabras y lanceoladas [3], los frutos maduros se pueden utilizar como verdura o especia, se consumen crudos en ensaladas o cocinados.

Producción de Pimiento

Su producción en invernaderos exige un uso intensivo de insumos agrícolas y mano de obra, además, esta actividad forma parte de un mercado dinámico con precios estacionales fluctuantes, lo que exige al productor una planificación rigurosa tanto de la producción como de la tecnología para reducir los riesgos de producción y aumentar las ganancias; fertirrigar es una técnica utilizada para lograr este objetivo, consiste en la adición de nutrientes al agua de riego según las necesidades de la planta, especialmente mediante sistemas de goteo (Villas Bôas, 2001); para acrecentar el rendimiento del pimiento, es importante comprender en detalle los procesos biológicos y las características de crecimiento de este de mayor impacto en el desarrollo del cultivo, las características de crecimiento y los componentes del rendimiento pueden organizarse en una estructura jerárquica que explica el impacto de los diversos factores ambientales en el cultivo (Higashide y Heuvelink, 2009); durante años, el proceso de mejora continua tanto de los métodos de manejo, como del desarrollo de nuevas variedades destinadas al cultivo en condiciones de campo [Anyszka *et al.*, 2012]; esto es importante, ya que el rendimiento de los cultivos y los beneficios económicos dependen en gran medida de la técnica de producción [Kaiser, Ernst 2014].

La absorción de nutrientes depende de la etapa fenológica y se mejora durante la floración, fructificación y crecimiento (Silva, 1998), la información sobre estas tasas de absorción mejora la eficiencia de la fertirrigación (Bar-Yosef, 1999), para planificar la fertilización, es fundamental conocer los nuevos genotipos y las características de crecimiento en diferentes condiciones, ya que la acumulación de materia seca y nutrientes está estrechamente relacionada, de modo que un déficit perjudica a otro, directa o indirectamente (Benincasa, 1988), la absorción óptima de nutrientes (curva de acumulación de nutrientes) determina tanto la tasa de aplicación de un nutriente específico para impedir posibles déficits o la absorción excesiva, como la proporción adecuada de nutrientes, la aplicación de dosis adecuadas de nutrientes reduce los problemas de salinidad que pueden afectar la producción en sistemas de cultivo cerrados (Raij, 1993). El común empleo de sustratos para la producción comercial de hortalizas en ambientes protegidos como los invernaderos, presenta un reto y un replanteamiento conceptual en la programación del riego convencional, ya que exige un suministro de muy alta frecuencia y gran precisión dado el limitado volumen de sustrato disponible con el que normalmente se trabaja para cada planta. De acuerdo con Ojeda 2004, el diseño de una estrategia de riego en ambientes protegidos es mucho más crítico en sustratos que en el suelo, puesto que los sustratos especialmente los inorgánicos no poseen una alta capacidad de retención de humedad por lo que se requiere un riego constante y

eficiente, en el caso de hortalizas de fruto como chile o tomate, el déficit hídrico provoca la reducción de la actividad fotosintética, además el transporte de sacarosa disminuye al igual que el crecimiento celular. Todo esto ayuda al aborto de los frutos y por tanto el rendimiento de la actividad se afecta. Igualmente, la falta de humedad en el sustrato durante el llenado del fruto puede favorecer la aparición de reventaduras en los mismos (Jovicich *et ál.*, 2007). De la misma forma, para la producción en sustratos disponer de agua de buena calidad y en la cantidad requerida por la planta, es esencial para asegurar un buen aprovechamiento de las soluciones nutritivas, pues comúnmente el empleo de fertirriego es la norma en estos sistemas de producción (Takane *et ál.*, 2013).

Bioestimulación de Pimiento

El uso de fertilizantes químicos ha aumentado en el mundo debido a su disponibilidad y accesibilidad (Graham y Vance, 2000). Los sistemas agrícolas intensivos que utilizan fertilizantes químicos han degradado los suelos al disminuir la materia orgánica y la fertilidad (Montemurro *et al.*, 2015).

El acrecentamiento de la productividad de los cultivos ha sido el objetivo principal en la mayoría de los sistemas de producción agrícola; otros objetivos de producción, como la calidad del producto, la rentabilidad y los enfoques respetuosos con el medio ambiente, también deben considerarse en la producción agrícola (del Amor, 2007).

El nuevo desafío es construir sistemas de producción de alimentos basados en estrategias de intensificación alternativas denominadas «intensificación ecológica», que promuevan la eficiencia en el uso de nutrientes, reduzcan la necesidad de control de enfermedades y plagas, aumenten la eficiencia y la conservación del agua y restauren la fertilidad del suelo (Tittonell, 2014). El desarrollo ecológico busca reducir la dependencia de insumos externos, manteniendo al mismo tiempo altos niveles de productividad (Tilman *et al.*, 2011).

Glosario de «biosoluciones» que contribuyen a la producción vegetal sostenible

Bioestimulante: Un bioestimulante vegetal es cualquier sustancia o microorganismo aplicado a las plantas con el objetivo de mejorar la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico o las características de calidad del cultivo, independientemente de su contenido nutricional, los bioestimulantes vegetales también designan productos comerciales que contienen mezclas de dichas sustancias o microorganismos.

Biofertilizante: Un biofertilizante es cualquier inóculo bacteriano o fúngico aplicado a las plantas con el objetivo de aumentar la disponibilidad de nutrientes y su utilización por las plantas, independientemente del contenido nutricional del propio inóculo, los biofertilizantes también pueden definirse como bioestimulantes microbianos que mejoran la eficiencia nutricional de las plantas.

Biocontrol: El control de un organismo por otro lado, son utilizados en la producción vegetal, son organismos vivos que protegen a las plantas de sus enemigos, es decir, reducen la población de plagas o enfermedades a niveles aceptables. Los modos de acción pueden incluir competencia, antibiosis, parasitismo y también resistencia sistémica inducida, mediada por la planta (du Jardin, 2010).

La producción ecológica moderna busca satisfacer las crecientes demandas de los mercados en términos de rendimiento, calidad y cantidad, como garantizar la disponibilidad constante del producto, por lo tanto, recurre a cualquier método que mejore el rendimiento; se han utilizado bioestimulantes naturales (Paradiković *et al.*, 2011), fertilizantes foliares (del Amor *et al.*, 2009) y reguladores del crecimiento vegetal para mejorar los productos hortícolas con

diferentes resultados, limitándose principalmente a especies vegetales como tomate, pimiento, pepino, papa, cebolla y melón (Pérez-Jiménez *et al.*, 2015); diversas sustancias con propiedades estimulantes y fertilizantes se han registrado como fertilizantes orgánicos/minerales y algunas como bioestimulantes, estas preparaciones pueden obtenerse mediante diversas tecnologías de producción, gracias al mecanismo único de actividad de los nutrientes, las plantas pueden recibir muchos más nutrientes que con las fórmulas foliares conocidas anteriormente (Veronica *et al.*, 2015); al facilitar la absorción y el transporte de macro y microelementos nutricionales, los fertilizantes foliares aumentan el crecimiento de raíces y brotes, la resistencia al estrés y absorción de agua, lo que en consecuencia, minimiza el impacto del trasplante (Vernieri *et al.*, 2006; Tuteja, 2007), los bioestimulantes pueden reducir el uso de fertilizantes, mejorar la producción, aumentar la resistencia al estrés hídrico y térmico y afectar positivamente el crecimiento y la fisiología de las plantas (Ertani *et al.*, 2014), las múltiples funciones de los bioestimulantes, como sus efectos nutricionales y bioestimulantes generales, su acción antiestrés específica y la regulación del crecimiento vegetal, han impulsado numerosos estudios centrados en la investigación de dichos efectos en los cultivos (Vinković *et al.*, 2007; Mora *et al.*, 2010); el pimiento morrón es una fuente rica en vitamina C (ácido ascórbico); también contiene provitamina A (caroteno) en cantidades saludables, calcio, antioxidantes y vitamina E (Ramana-Rao *et al.*, 2011), los niveles de estos compuestos se modifican según las condiciones de cultivo y dependen del genotipo y la madurez del fruto (Buczkowska *et al.*, 2016), investigaciones realizadas por Tantawy *et al.*, (2015) y Fariba *et al.*, (2016) indica que la aplicación de biofertilizantes tiene un efecto positivo en la calidad del fruto del pimiento durante el almacenamiento y la comercialización, es eficaz y eficiente para aminorar el estrés salino en las plantas de pimiento, la naturaleza de los bioestimulantes es diversa ya que intervienen sustancias y microorganismos, las sustancias pueden ser compuestos individuales o grupos de compuestos de origen natural único cuya composición y componentes bioactivos no están completamente caracterizados; las sustancias comentadas en esta revisión son compuestos orgánicos o moléculas inorgánicas de producción natural, pero no deben excluirse los compuestos sintéticos, especialmente si se incluyen ciertos reguladores del crecimiento vegetal dentro de los bioestimulantes (por ejemplo, los nitrofenolatos se describen y comercializan como «bioestimulantes», pero son compuestos fenólicos sintéticos registrados como productos de producción vegetal según la legislación de la UE; véase Przybysz *et al.*, 2014). Los inóculos microbianos pueden contener cepas individuales o mezclas de microorganismos que muestran efectos aditivos o sinérgicos ; dependiendo de la literatura científica revisada por la documentación proporcionada por las empresas, los bioestimulantes pueden referirse a los ingredientes bioactivos o productos comercializados que los combinan y que a menudo se añaden a fertilizantes o productos fitosanitarios, cualquier definición regulatoria deberá aclarar si se incluyen realmente los ingredientes o los productos finales (o ambos).

Las funciones fisiológicas son diversas, ya que, por su función fisiológica, nos referimos a cualquier acción sobre los procesos vegetales, algunos ejemplos de funciones fisiológicas son la protección de la maquinaria fotosintética contra la iniciación del desarrollo de raíces laterales, estas funciones se sustentan en mecanismos celulares, como la captación reactiva de oxígeno por antioxidantes o el aumento de la síntesis de transportadores de auxinas, las funciones fisiológicas y los mecanismos celulares subyacentes pueden denominarse colectivamente «modos de acción» de los bioestimulantes. Finalmente, estos modos de acción explican las funciones agrícolas de los bioestimulantes, por ejemplo, una mayor tolerancia al estrés abiótico (que causa estrés oxidativo) o una mayor eficiencia en el uso del

nitrógeno (que depende de la capacidad de forrajeo de las raíces y, por lo tanto, de la densidad radicular lateral); las funciones agrícolas pueden finalmente traducirse en beneficios económicos y ambientales: mayor rendimiento de los cultivos, ahorro de fertilizantes, mayor calidad y rentabilidad de los productos agrícolas, mejores servicios ecosistémicos, etc. (Shabala *et al.*, 2012).

Los efectos científicamente demostrados de todos los bioestimulantes convergen en al menos una o varias de las siguientes funciones agrícolas: mejoran la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y/o las características de calidad del cultivo, estas características de calidad pueden referirse al valor nutricional, el contenido proteico, la vida útil, etc. Las acciones convergentes deben ser la base de cualquier definición de bioestimulantes, la estimulación de la respuesta a patógenos mediante elicitores y reguladores genéticos vegetales también se logra mediante los bioestimulantes descritos; sin embargo, existe un creciente consenso entre los reguladores y las partes interesadas para mantener la bioestimulación y el biocontrol separados desde un punto de vista regulatorio, en consecuencia, el estrés biótico queda fuera del alcance de la definición.

La definición de beneficios económicos y ambientales depende de las políticas agrícolas y ambientales, tanto en términos de objetivos como de criterios de valoración, si bien los incentivos para el desarrollo de bioestimulantes están vinculados a estos aspectos, no deberían ser la base para una definición científica de bioestimulantes (Huang *et al.*, 2010).

Sustancias Húmicas

Según Hayes (2006), el fraccionamiento operacionalmente definido de las sustancias húmicas se basa en su solubilidad y fue introducido por primera vez por Sprengel en 1837. Los edafólogos definen los ácidos húmicos (AH) como materiales de humus solubles en soluciones acuosas alcalinas, pero que precipitan al ajustar el pH a 1-2, en cambio, los ácidos fúlvicos (AF) permanecen en solución después de la acidificación de los extractos acuosos alcalinos, esta definición clásica persiste en la literatura científica más antigua, pero químicamente los HS no son más que un producto de una reacción de saponificación por extracción alcalina de suelos y sedimentos. Piccolo (2002) redefinió los ácidos grasos (AG) como asociaciones de pequeñas moléculas hidrófilas con suficientes grupos funcionales ácidos para mantener los grupos fúlvicos dispersos en solución a cualquier pH, mientras que los ácidos húmicos están formados por asociaciones de compuestos predominantemente hidrófobos (cadenas polimetilénicas, ácidos grasos, compuestos esteroideos) que se estabilizan a pH neutro mediante fuerzas dispersivas hidrófobas (enlaces de van der Waals, enlaces π y $\text{CH}-\pi$), sus conformaciones aumentan progresivamente de tamaño, a medida que se forman cada vez más enlaces de hidrógeno intermoleculares a pH más bajo, hasta que la materia húmica flocula; en general, la respuesta de crecimiento de las plantas monocotiledóneas al HS aplicado exógenamente parece ser mayor que la de las dicotiledóneas, aunque la base molecular y fisiológica de esta diferencia aún no está clara. Además, las respuestas fisiológicas de las plantas al HS aislado del lignito (p. ej., lignito, leonardita, carbones subbituminosos) son menores que las observadas en respuesta a la adición de HS aislado de turba, compost o vermicompost (Canellas y Olivares, 2014); si bien esta información es importante para maximizar el impacto del HS en la aplicación en campo, también resulta esencial para comprender los efectos indirectos y directos del HS en el crecimiento vegetal, en algunos casos, se observó una mejor respuesta del cultivo utilizando sustancias húmicas obtenidas de compost o vermicompost que con extractos húmicos de

leonardita (la fuente comercial más común) (Azcona *et al.*, 2011), y más con ácidos húmicos que con ácidos fúlvicos (Lulakis y Petsas, 1995).

Hernández *et al.*, (2015), utilizando humatos como biofertilizantes para la producción de lechuga en la agricultura urbana, observaron una mayor actividad del nitrato reductasa y la fenilalanina amonio liasa en las hojas; los autores también informaron una disminución significativa en la duración del ciclo de producción tras la aplicación de húmicos, lo que resultó en un uso más eficiente del espacio urbano para la agricultura; un factor importante en la economía de la producción hortícola. Baldotto *et al.*, (2009) informaron la aceleración de las tasas de crecimiento inicial del cultivo micropropagado durante la etapa de aclimatación, especialmente cuando las plántulas mostraron dificultad para enraizar, tras el trasplante de plantas, el HS puede ser útil para ayudar a las plántulas a superar el estrés del campo. El uso de HA aislado del vermicompost mejoró el crecimiento de las plántulas de tomate en invernadero, y su efecto representó una ventaja para el crecimiento inicial y el desarrollo de las plántulas de tomate trasplantadas para la producción en campo (Olivares *et al.*, 2015), esta estimulación del crecimiento de las plántulas también puede ser importante para plantas con problemas de germinación (Cavalcante *et al.*, 2013).

En algunos estudios con plantas ornamentales se observó un aumento del enraizamiento, el crecimiento y la floración temprana (Baldotto, 2014), donde la aplicación de HS logró sustituir a los reguladores de crecimiento vegetal, más costosos (Boyhan *et al.*, 2001).

El ácido fúlvico constituye una fracción importante de la materia orgánica del suelo y una porción importante del carbono orgánico disuelto (Van-Hees *et al.*, 2005), y generalmente presenta una mayor actividad química y fisicoquímica en comparación con el ácido húmico (Stevenson, 1994), el ácido fúlvico es una sustancia de bajo peso molecular y soluble en agua, ya que se caracteriza por su color entre amarillo y marrón claro (Taha *et al.*, 2016).

El ácido fúlvico tiene bajo peso molecular, mayor contenido de oxígeno y contiene grupos funcionales como fenólicos, carboxílicos y alcohólicos, lo que le permite quelarse con aniones y cationes su tamaño es relativamente pequeño y, por lo tanto, puede penetrar fácilmente en las raíces, los tallos y las hojas de la planta, al penetrar en estas partes de la planta, transmiten minerales traza directamente a los tejidos vegetales desde la superficie. La eficiencia agronómica del ácido fúlvico es mayor que la del ácido húmico como pulverización foliar, debido a su alta solubilidad en medios de bajo pH, un estándar considerado para la alimentación foliar (Justi *et al.*, 2019). Además, se reconoce que los ácidos fúlvicos desempeñan un papel importante en la capacidad de amortiguación ácido-base del suelo, así como en la retención y liberación, la disponibilidad biológica y la movilidad de iones metálicos y compuestos orgánicos en el suelo (Senesi y Miano, 1995), si bien se han establecido ampliamente las influencias positivas del ácido fúlvico en el crecimiento y desarrollo de las plantas, sus efectos sobre la actividad antioxidante y la calidad de los frutos no han recibido mucha atención, en los últimos años, las aplicaciones foliares de extracto de algas y extracto de levadura han ganado popularidad como bioestimulantes en cultivos hortícolas, sus aplicaciones se han asociado con una mayor absorción de nutrientes, tolerancia al estrés y vigor general de la planta (Abd El-Hady y Doklega, 2023); de igual manera, el extracto de levadura contiene compuestos bioactivos que mejoran el rendimiento de la planta, las aplicaciones foliares de levadura ofrecen varios beneficios potenciales para las plantas de pimiento (Aly *et al.*, 2019), mejorar la absorción de nutrientes, mejorar la salud de la planta, aumentar la resistencia a enfermedades, potenciar la tolerancia al estrés, estimular el crecimiento y desarrollo, y mejorar la calidad del fruto (Ghazi, 2020); considerando la importancia del pimiento dulce desde un punto de vista económico y

nutricional, existe una creciente necesidad de explorar enfoques sostenibles para mejorar su productividad mediante el uso de ácidos orgánicos beneficiosos para la calidad del fruto y la salud humana. El ácido fúlvico (AF), una importante materia orgánica natural, se caracteriza por su bajo peso molecular y está enriquecido con grupos funcionales como carboxilo, hidroxilo fenólico y grupos acilamina, lo que lo hace muy adecuado para su aplicación foliar, su alta solubilidad facilita la modulación de la toxicidad y la biodisponibilidad de la migración de metales pesados (Li *et al.*, 2018). Además, se ha documentado que la aplicación de AF mejora significativamente el crecimiento de las plantas y la absorción de nutrientes al mejorar la disponibilidad de nutrientes, aliviar el estrés vegetal, activar enzimas y regular el equilibrio hormonal (Pettit, 2004).

Rentabilidad del Pimiento

El cultivo de pimiento en campo está sujeto a condiciones ambientales adversas, especialmente a la variación de las precipitaciones, que puede causar importantes pérdidas de productividad y variaciones en los precios en ciertas épocas del año, se pueden utilizar diferentes métodos para regar un cultivo, sin embargo, la selección y el uso de un método en particular dependen de factores ambientales y edáficos, características del cultivo, disponibilidad de agua para riego, así como la facilidad de manejo, costo y operación del sistema de riego seleccionado; para que la gestión del agua de riego se realice de manera racional, es necesario monitorear la humedad del suelo y/o la evapotranspiración a lo largo del ciclo de desarrollo del cultivo, también es indispensable conocer las características de la planta, suelo y clima para determinar el momento adecuado y cantidad de agua a aplicar (Marouelli *et al.*, 1994); Abou-Hadid *et al.*, (1994) recomendaron separara la nutrición del riego el uso de un tanque de clase como método para determinar el consumo de agua en el cultivo de pimiento, el uso combinado de acolchado y riego en un ambiente protegido produce resultados satisfactorios, ya que la cobertura del suelo presenta ciertas ventajas de como influye en el desarrollo temprano y productividad, reduce la evaporación y lixiviación de nutrientes, promueve una menor compactación del suelo, reduce el estrés radicular y el control de malezas (Marouelli y Silva, 2012), Pakyürek *et al.*, (1994) observaron un aumento del rendimiento del 21 % en tomate, del 19 % en chile y del 16 % en berenjena utilizando cobertura del suelo, en comparación con la ausencia de cobertura, además, se observó un desarrollo temprano del 28 % en tomate, del 39 % en pimiento y del 32 % en berenjena; Siwek *et al.* (1994) y Cebula (1995) probaron películas plásticas de diferentes colores en cultivos de pimientos cubiertos con suelo y descubrieron que el polietileno negro condujo a un aumento en el peso y tamaño de los frutos, Decoteau *et al.* (1990) y Castellane (1995) observaron mayores tasas de crecimiento en pimientos cultivados con cobertura plástica (roja y negra), asociadas con un aumento en la temperatura del suelo, VanderWerken y Wilcox-Lee (1988) compararon la influencia de la película plástica y diferentes métodos de riego en el cultivo de pimientos y observaron que la combinación de plástico y riego por goteo produjo mayores rendimientos; cabe mencionar que la rentabilidad de la producción de hortalizas depende significativamente de la demanda estacional, cambios en el nivel de precios y las características de la zona de producción [Galinato, Miles 2013], las evaluaciones de costos y rentabilidad financiera de la producción permiten a los productores comparar el costo total de producción, según el tiempo de producción, tamaño del proyecto y técnica de producción utilizada [Engindeniz, Gül 2009], Joko Mariyono [2018], en su investigación sobre la rentabilidad de la producción de hortalizas a pequeña escala, demostró que, al igual que en

los resultados de la investigación analizados en el artículo, esta producción es rentable, Ibrahim Aliyi y coautores [2021] también llegaron a conclusiones similares; cabe mencionar que en la literatura, la rentabilidad de la producción de pimiento dulce en cultivos protegidos también se discute en cierta medida, lo que indica que es rentable; sin embargo, debido a la gran diferencia en las condiciones climáticas, no es razonable comparar los resultados en términos cuantitativos; cabe mencionar, que estos estudios fueron realizados por Sreenivasa Murthy y coautores [2009], Haroldo Araújo y coautores [2018]; por lo tanto, la rentabilidad y el riesgo de una empresa representan herramientas que facilitan la toma de decisiones con un margen de error relativamente cierto [Ponciano et al. 2004, Araújo *et al.*, 2018], una de las actividades que influyen en el nivel de rentabilidad de la actividad productiva es la mejora de la competitividad de la explotación en el mercado [Būmane 2018], desafortunadamente, en el caso de la producción hortícola, esto no es una tarea fácil, esto se debe a la especificidad del mercado, es decir, a la gran fragmentación de la producción, la inestabilidad de las hortalizas, alta variabilidad en términos de calidad y sensibilidad de la producción a las condiciones climáticas [Gołębiewski, Sobczak 2017]; además, los agricultores pueden tomar medidas para reducir los costos de producción y obtener un producto de la misma calidad; cabe señalar que esta acción no siempre es posible, al mismo tiempo, es importante destacar que, para que sea eficaz, es necesario conocer en detalle la estructura de costos de una producción determinada y la eficiencia en el uso de los recursos disponibles; además, la evaluación económica de la producción es útil para tomar decisiones estratégicas sobre el proceso de inversión.

Invernaderos franceses tipo capilla

El invernadero multitúnel tipo capilla o multicapilla, se caracteriza por la forma de su cubierta formada por arcos curvos semicirculares y por su estructura metálica, perfecto para climas cálidos y templados, el invernadero de capilla está pensado para climas cálidos y templados, aunque la experiencia nos dice que con las modificaciones adecuadas se pueden adaptar a casi todo tipo de condiciones climáticas, como puede ser el reforzado de su estructura para climas más fríos, donde las cargas por nieve pueden ser un problema, tienen resistencia a fuertes vientos, ofrecen protección contra caídas y una rápida instalación, buen reparto de la luminosidad la tener pocos obstáculos en su estructura, y facilita las labores agronómicas en su interior. Buena ventilación y estanqueidad, su gran altura y volumen permiten una buena ventilación y estanqueidad a la lluvia y al aire lo que ofrece una gran estabilidad térmica y control del clima, también es posible instalar sistemas de calefacción, ventilación, refrigeración o enriquecimiento carbónico, su uso está muy extendido en explotaciones destinadas a la producción de hortalizas y al cultivo de flores y plantas ornamentales. Se adaptan a cualquier superficie y aplicación, el invernadero capilla cuenta con unos anchos estándar, pero es posible realizar retranqueos para aprovechar el 100% del terreno.

Resguardan las plantas de plagas, enfermedades y condiciones climáticas adversas como heladas o vientos fuertes, reduciendo la necesidad de pesticidas. Aumento de la Productividad y Calidad: El ambiente controlado favorece un crecimiento más rápido y constante, lo que se traduce en mayores rendimientos y productos de mejor calidad. Eficiencia Energética y de Recursos: Los avances en el diseño, como el aumento de la altura de los invernaderos, permiten un mayor volumen con una superficie de intercambio de calor proporcionalmente menor, lo que reduce los costos de calefacción y optimiza el uso del agua y agroquímicos. Producción durante todo el Año: Hacen posible la producción de cultivos, incluso de

temporada como las fresas, durante todo el año, asegurando un suministro constante al mercado. Adaptabilidad Geográfica: Permiten la agricultura en zonas con climas desfavorables, como desiertos o regiones frías, expandiendo las áreas cultivables. Innovación (<https://richel-group.com>).

En el cuadro 1 el manejo de estas se lleva a cabo con los siguientes productos, como se comentó de manera previa tienen que estar en la lista permitida de COFEPRIS.

Cuadro 1. Productos utilizados permitidos por COFEPRIS contra plagas y enfermedades

Producto	Plagas	Ingrediente activo y función
Bealf	Pulgón	Flonicamid, un insecticida sistémico y translaminar
Plenum	Pulgón	Pimetrozina, un insecticida sistémico para controlar plagas chupadoras
Cryolita	Picudo	Criolita un mineral que actúa como un insecticida estomacal y de contacto.
Actara	Picudo	Thiamethoxam. Es un insecticida neonicotinoide que actúa sobre el sistema nervioso de los insectos
Accem	Fungus	Accem (o Acceem) es un bioinsecticida y acaricida de origen natural
Score	Cenicilla	Difenoconazol. Este es un fungicida sistémico
Fia shantyy	Acidificante	Fia Shantty es una mezcla de Nonil fenol etoxilado y Ácido fosfórico . diseñado para optimizar el pH del agua de aspersión y mejorar la eficiencia de los agroquímicos y nutrientes foliares con los que se mezcla.
Florastar	Fertilizante	L- α aminoácidos libres, fósforo, potasio, boro y molibdeno. para estimular la floración y el cuajado de frutos en cultivos

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de la bioestimulación con dos ácidos de origen orgánico, ácido fulvico y ácido húmico, en el cultivo de pimiento bajo invernadero francés, con el fin de mejorar las variables de importancia biológica y económica.

Localización del experimento

El experimento se llevó a cabo en la Agrícola Santo Domingo, Rancho “El Pitayo”, ubicada en el estado de Guanajuato, en el municipio de San Francisco del Rincón, las coordenadas del área son:

Longitud: al este 101° 40' al oeste 101° 54' de longitud oeste.

Latitud: al norte 21° 03' al sur 20° 48' de latitud norte.

La localidad se encuentra a 1,750 m.s.n.m, con un clima templado y muy benigno, su temperatura máxima es de 37°C y la mínima es de 0.3°C, siendo la media anual de 19.4°C.

Diseño Experimental

Este trabajo se llevó a cabo con cuatro tratamientos, cada uno contó con 15 unidades experimentales, los cuales consistieron en:

Cuadro 2 diseño de tratamientos

Tratamiento	Variedad	Compuesto orgánico	Cantidad
T1	Femu	Ácido fúlvico	120 mL AF
T2	Femu	Sin tratamiento	
T3	Cadalora	Ácido fúlvico + Ácido húmico	120 mL AF + 120 mL AH
T4	Cadalora	Sin tratamiento	

En el cuadro 4 se describen los tratamientos que se evaluaron en el experimento.

Donde el tratamiento 1 (T1) se adiciona con 120 mL de ácido fúlvico disuelto en 20 L de agua,

El tratamiento 2 (T2) testigo, solo es la forma tradicional de producción, sin compuesto orgánico.

El tratamiento 3 (T3) se mezcló con 120 mL de ácido fúlvico y 120 mL de ácido húmico en 20 L de agua.

El tratamiento T4 testigo, es la forma tradicional de producción, sin compuesto orgánico.

La aplicación extra del ácido húmico es parte del manejo que la empresa realiza, por lo que esa variable se tomará como dependiente al momento de la evaluación estadística.

El ácido fúlvico y húmico pertenecen a la casa comercial Grow Mate intl. Estos compuestos, son de origen orgánico a base de un mineral llamado leonardita, ambos productos pertenecen a la lista OMRI, ya que la producción en la agrícola se encuentra bajo las normas de orgánico y ningún producto fuera de la lista generada por COFEPRIS puede ser aplicado, por el hecho de las normas de producción que se manejan.

Variedad Femu: se caracteriza por su color amarillo, es un fruto largo, fino y picante, una planta vigorosa, con entrenudos medios o largos y poca vegetación, lo que facilita las labores de cultivo. <https://www.vegetables.bayer.com>

Variedad Cadalora: fruto que se caracteriza por su color rojo brillante y forma tipo *blocky* (cuadrado) planta vigorosa con entrenudos cortos y alta vegetación. <https://www.syngentavegetables.com>

Variables a evaluar

Altura de planta.

Diámetro de tallo.

Diámetro polar de fruto.

Diámetro ecuatorial de fruto.

Espesor del pericarpio.

Las cuales son descritas en las actividades del experimento.

El diseño estadístico será un totalmente al azar, analizado en el software Minitan 23.

Actividades del experimento



Imagen 1. Plantula y boli de sustrato.

La plántula es recibida en estantes de 6 charolas, cada charola con un total 126 plántulas, la altura media de la plántula es de 15 cm, se transporta a las diferentes capillas las cuales son áreas de 100 m², en las que se localizan 5 surcos.



Imagen 2. Charolas con plántula recibida.

Una vez trasplantadas y ubicadas por variedad se desinfecta previamente la piqueta con un desinfectante llamado Hpower (que contiene), con la piqueta orientada hacia las manecillas del reloj por el flujo natural del agua, a la plántula se le coloca un tutor de madera (NOMBRE) desinfectados, esto evita que el tallo se doble y quiebre.



Imagen 3. Desinfectante y piqueta.

Los riegos se realizaron de manera automática, así como la nutrición de la plántula, está ajustada a la etapa fenológica.

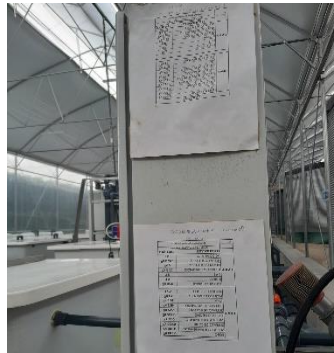


Imagen 4. Tablas de nutrición.

La definición de tallos consiste en tomar los dos tallos principales o gruesos de 0.6 a 0.8 cm como guías de la producción, este sistema es llamado “Holandés”, los tallos de menor grosor son podados.



Imagen 5. Definición de tallo.

El aclareo de botón floral es una práctica cultural que se realiza de manera inicial, alrededor de la semana 6-7, con la finalidad de no tener fruto ya que la planta no tiene el vigor necesario para sostener producción.



Imagen 6 Aclareo de planta

El tutorado de la planta se llevó a cabo con rafia color blanco, atada en la parte superior del invernadero, en la parte suelta o inicial se coloca un anillo de plástico el cual debe de sostener dos rafias, el anillo debe quedar en el primer entrenudo.



Imagen 7. Tutorado de rafia y anillado.

El enrede de la rafia se realizó siguiendo las manecillas del reloj, media vuelta por cada entrenudo, esta actividad se realiza de manera constante con el crecimiento de la planta.



Imagen 8. Enrede de la rafia para sostén de la planta.

La poda consistió en eliminar exceso de hojas, se deja la hoja con mayor área la cual sirve para protección del pimiento, evita el exceso de radiación que pueda incidir de forma directa al fruto, con la finalidad de mantener tres a cuatro hojas por entrenudo.



Imagen 9. Poda y eliminación de hojas inferiores.

Alrededor de la semana 30-33 inicia la producción económicamente viable, las labores mencionadas son continuas, por el hecho de que la planta puede producir desde la semana 28 con una calidad no adecuada a las normas de producción establecidas, el raleo de fruto es continuo, esto genera frutos adecuados para su cosecha.



Imagen 10. Eliminación de merma.

Con las labores realizadas las plantas se dividen en dos lados, lado A y B, un día se cosecha el lado A y el día siguiente el lado B y así sucesivamente, para tener una producción constante y dejar que la planta se desarrolle y madure el fruto.



Imagen 11. Cosecha de pimienta en lados A y B.

Para obtener la altura de la planta se media con una cinta métrica de 5 m esto se hacía semanalmente cada miércoles, se marcaba con cinta de papel para llevar un control y seguimiento del crecimiento.



Imagen 12. Altura de planta.

Para saber el diámetro de tallo se usó un vernier digital, se iba tomando el tamaño mediante fuera creciendo la planta la parte más delgada del tallo.



Imagen 13. Vernier medición de tallo.

Después de la cosecha se tomaron algunas cajas de pimiento para realizar la medición de fruto el cual se utilizó un vernier digital.



Imagen 14. Medición de fruto.

El diámetro polar del furo se midió con el vernier digital previamente desinfectado para su uso.



Imagen 15. Medición de diámetro polar.

El diámetro ecuatorial se mide con el vernier digital para saber con exactitud su tamaño.



Imagen 16. Medición de diámetro ecuatorial

El espesor del pericarpio se mide con un vernier digital, donde se partió por la mitad el chile pimiento y se tomó una de sus paredes para hacer la medición exacta.



Imagen 17. Medición del espesor del pericarpio.

Resultados y discusión

Los resultados que se presentan en este experimento, fueron, tomados a partir de la semana 35 a la 40, ya que la aplicación de los tratamientos se realizó en estas fechas, en este lapso de semanas las variables analizadas fueron: altura de planta, diámetro de tallo y tamaño de fruto, se tomó como referencia el punto máximo de crecimiento de la planta, el cual fue indicado con una cinta para la siguiente toma o semana de medición; en la semana 40 se evaluó diámetro polar, diámetro ecuatorial y espesor del pericarpio; no se utilizó el acumulado ya que por norma de la empresa todas las mediciones son por semana, esto nos genera una visión más alta del efecto que el tratamiento tuvo en la variable.

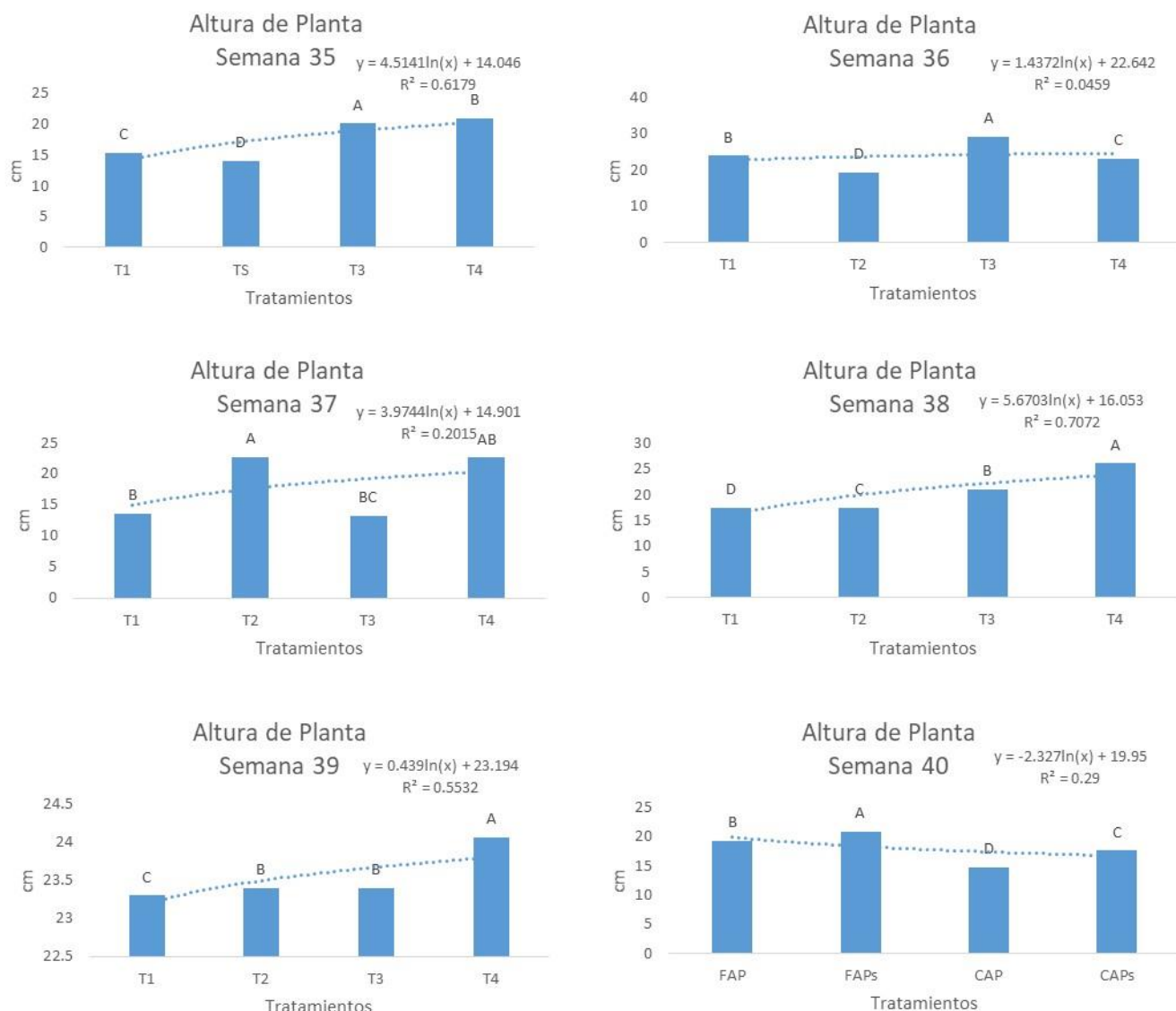


Figura 1. Agrupación de medias de altura de planta de las semanas 35 a 40 en pimiento.

En la figura 18 se muestra el efecto de los tratamientos en la variable altura de planta, en la semanas 35 u 36 el tratamiento superior fue el CAP (T3: Variedad Cadalora con los compuestos húmicos), en la semana 37 el FAPs (T2 Femu sin ácido fulvico) resulto superior, en la semana 38 y 39 el CAPs (T4 variedad Cadalora sin aplicación) resulto elevado y en la semana 40 el FAPs (T2 Femu sin compuesto orgánico) fue el sobresaliente.

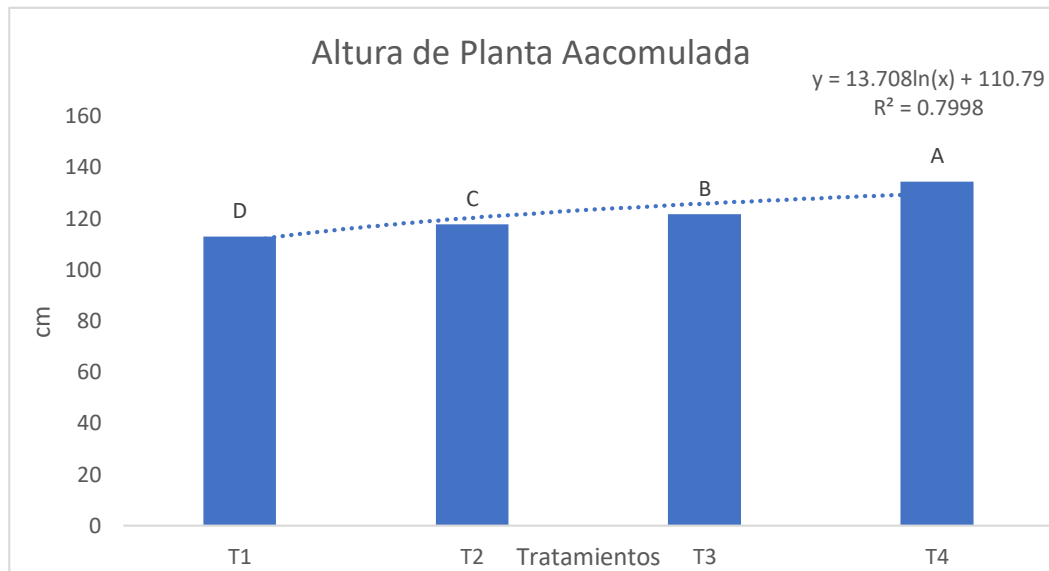
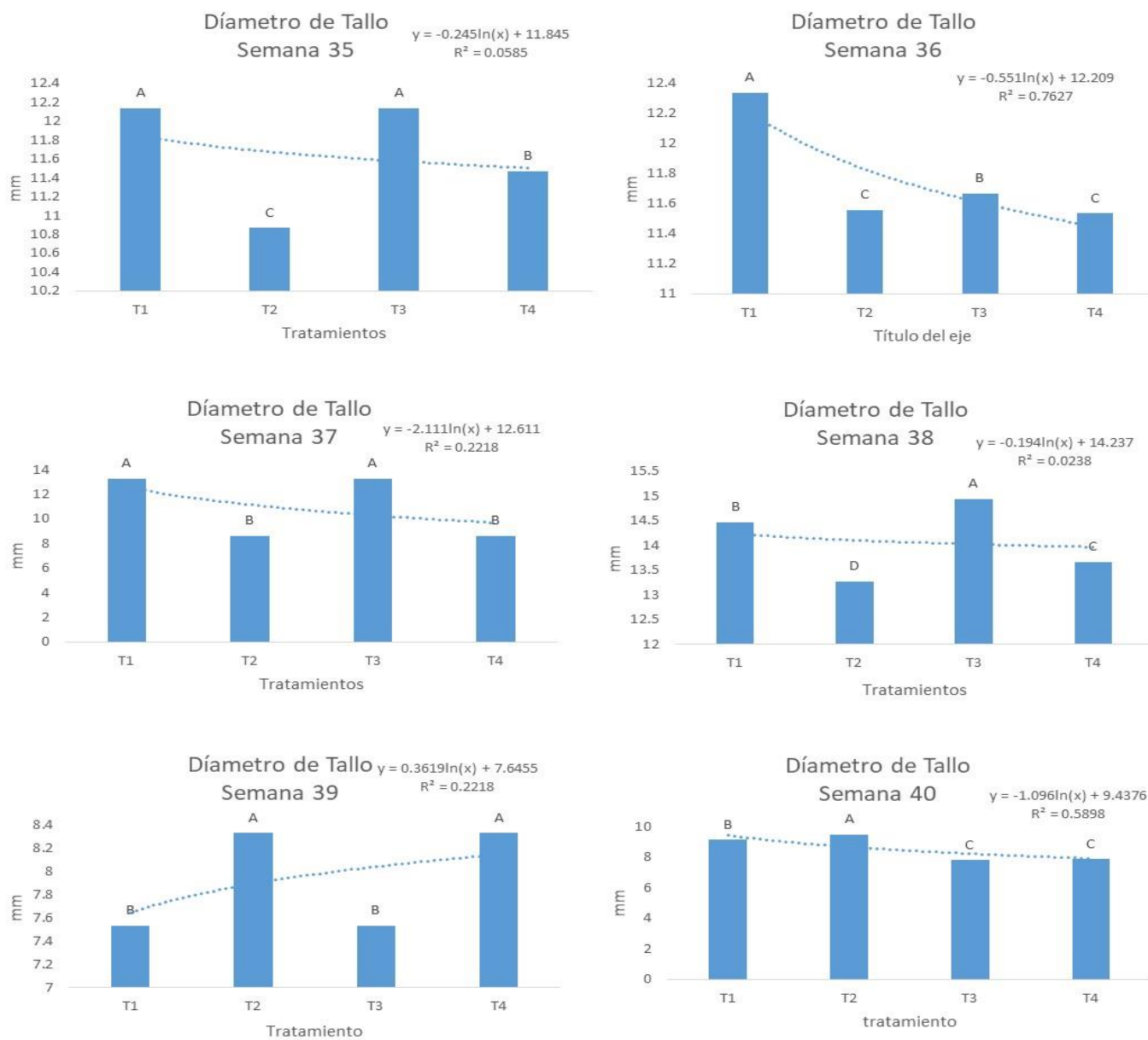


Figura 2. Altura de planta acumulada.

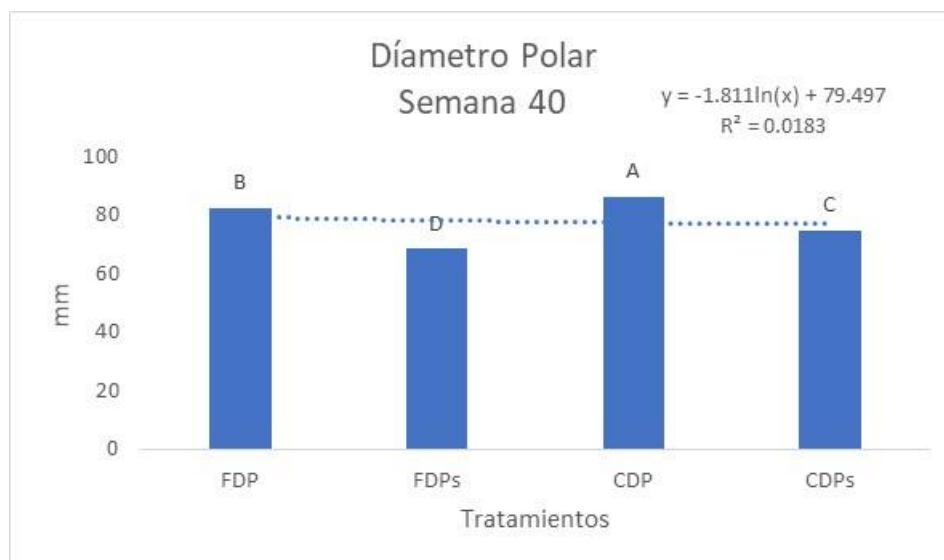
En altura acumulada Altura de planta el T4 fue superior a T3 seguido de T2 en el T1 no se observó efecto del tratamiento aplicado.

En la figura 3 se muestran las variables de diámetro de tallo, donde en la semana 35,36 Y 37 el tratamiento superior fue el FDT (T1: Femu mas ácido fuulvico) e la semana de igual manera en la semana 37 y 38 el tratamiento CDT (T3: Cadalora con compuestos húmicos) fue superior, e las semanas 39 y 40 el tratamiento FDTS (Femu sin compuesto organico) resulto superior y constante.

Figura 3. Agrupación de medias de diámetro de tallo de las semanas 35 a 40 en pimiento.



En la figura 3. Agrupación de medias de diámetro de tallo en chile pimienta.



En la figura 4. Agrupación de medias de diámetro polar en chile pimiento semana 40.

En la figura de diámetro polar el porcentaje mayor fue el T3 Cadalaria con compuestos orgánicos a diferencia del T1 Femu con tratamiento continuo del T4 Cadalaria sin compuestos orgánicos y por último el T2 Femu sin compuestos orgánicos.

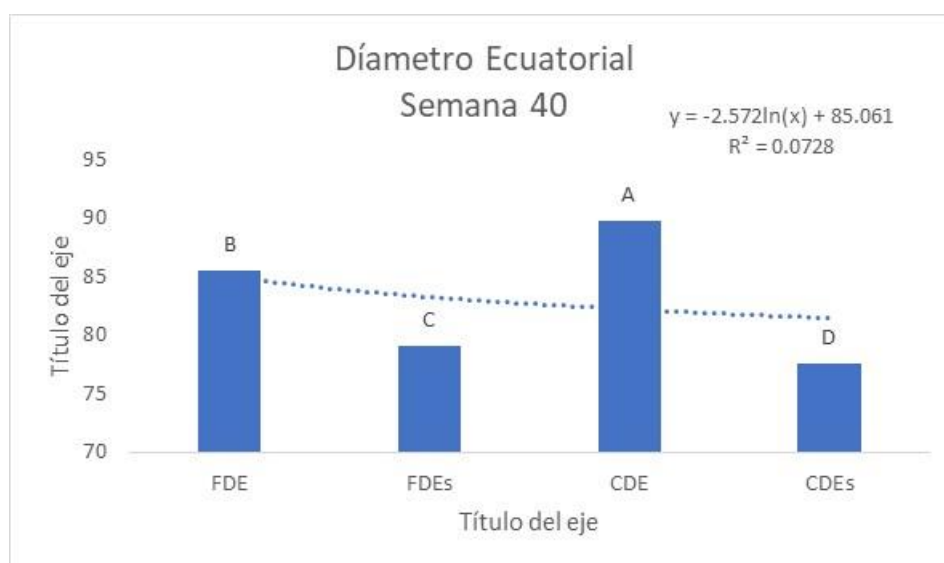


Figura 5. Agrupación de medias de diámetro ecuatorial en chile pimiento semana 40.

En la figura de diámetro ecuatorial el porcentaje mayor fue el T3 Cadalaria con compuestos orgánicos que el T2 Femu con compuestos orgánicos seguido de T2 Femu sin tratamiento por último el T4 Cadalaria sin compuestos orgánicos.

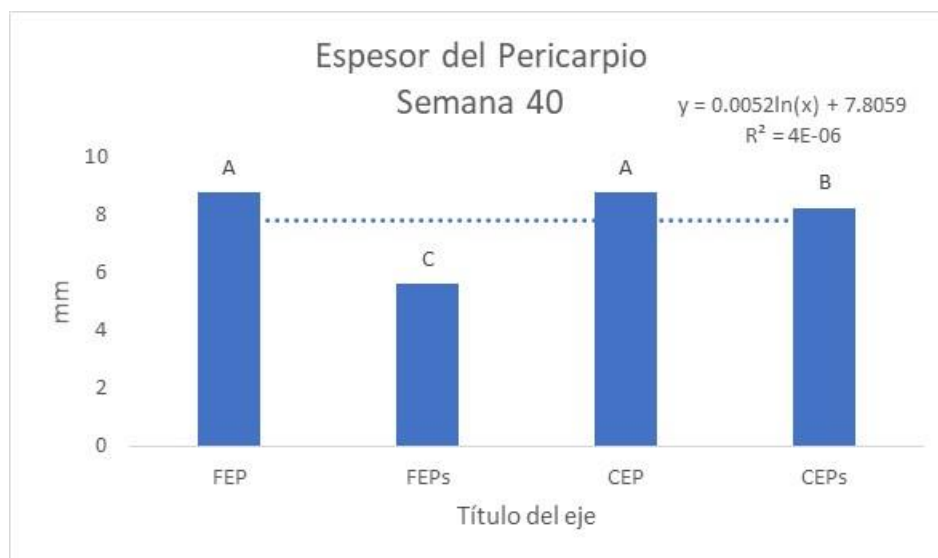


Figura 6. Agrupación de medias de espesor del pericarpio en chile pimiento semana 40.

En la figura del espesor del pericarpio el porcentaje superior fue T1 Y T3 con compuestos orgánicos fulvicos y húmicos seguido de T3 por ultimo el tratamiento T2.

El rendimiento total por área en chile pimiento, de manera general aumenta con la densidad de siembra (Aminifard et al., 2010); estudios confirman que los fertilizantes sintéticos mezclados con extractos de carbones mejoran la calidad nutricional de los cultivos y aumento de rendimiento (Joseph, S et al., 2013); el uso de fertilizantes es un indicador para evaluar las propiedades de los cultivos, el uso racional del biocarbón mejora el estado nutricional del suelo (Ahmed, N et al., 2021), estos resultados concuerdan con Türkmen et al. (2005); Zaky et al. (2006) y Karakurt et al. (2009), quienes informaron que la aplicación de humato de potasio aumentó el crecimiento, rendimiento y calidad de las plantas; El-Shabasi et al. (2005) comentan que la aplicación foliar de polipéptidos a base de carbo, aminoácidos, mejoró el crecimiento, rendimiento de frutos y sus componentes en pepino, de igual manera que Awad et al. (2007) en papa; estos hallazgos podrían deberse a la mejora del crecimiento de las plantas como resultado del uso de estos compuestos orgánicos y concuerdan con los registrados por El-Bassiony et al. (2010), quienes encontraron que la pulverización de plantas de pimiento morrón con humato de potasio aumentó su composición química; además, el uso de humato de potasio incrementó la absorción de nutrientes como N, Ca, P, K, Mg, Fe, Zn y Cu (David et al., 1994 y Adani et al., 1998); un estudio previo de del Amor (2007) también informó que la fertilización convencional, fertilización orgánica e integración de ambas tuvieron un efecto similar en el rendimiento del pimiento morrón y la calidad del fruto; si bien todos los tratamientos con fertilizantes mejoraron el crecimiento y rendimiento del pimiento rojo, la calidad de los frutos es la medida más importante para determinar el efecto de las aplicaciones de fertilizantes; algunos investigadores confirman que los niveles de

nitrate en cultivos hortícolas son mayores cuando el nitrógeno se suministra en forma inorgánica que en forma orgánica (Bourn y Prescott, 2002); Lee et al. (2000) informaron una reducción del crecimiento de plántulas de pimiento en sustratos con cáscara fresca, lo cual concuerda con diferentes hallazgos; por lo tanto, las propiedades físicoquímicas del sustrato podrían reducir el crecimiento de las plantas, especialmente cuando el sustrato tiene baja capacidad de retención de agua y pueden alterar el desarrollo radicular en condiciones de estrés hídrico, reduce el potencial hídrico en tallos, hojas y frutos; el pimiento dulce tiene carácter afectado por grandes fluctuaciones en el rendimiento de frutos, incluso bajo condiciones climáticas constantes (Marcelis et al., 2006); dado que las plantas de pimiento son más sensibles al estrés hídrico durante la floración y el desarrollo del fruto (Katerji et al., 1993), sustratos como las fibras, al retener menos agua, pueden reducir el rendimiento y calidad, un efecto promotor de los compuestos orgánicos en el crecimiento vegetativo y medición de clorofila podría atribuirse a que los compuestos orgánicos presenta mayores ventajas que otros abonos, ya que contiene nutrientes esenciales en forma asimilable (S. Abou-El-Hassan et al., 2013) se descompone y estabiliza la materia orgánica; los compuestos a base de carbono suelen aplicarse en mayor proporción debido a su bajo contenido de nitrógeno (N%); la aplicación de estos aumentó el diámetro del fruto del pimiento morrón en comparación con el uso de estiércol de conejo y codorniz, su uso produjo la mayor longitud del fruto; la superioridad de estos tratamientos en el diámetro y la longitud de los frutos del pimiento podría deberse al aumento del crecimiento vegetativo de estas plantas, lo que a su vez aumentó el diámetro y la longitud de los frutos, estos resultados concuerdan con estudios previos (A. Szafrrowska et al., 2008) sobre pimiento; los resultados obtenidos concuerdan con los descritos por los investigadores por ser variables de interés económico, estas se cuantificaron a partir de la semana 33 a la 40, los datos recabados de esas semanas mostraron variaciones, ya que la planta por comportamiento biológico no es constante en el uso efectivo de los riegos, fertilizaciones, podas y aplicación de los tratamientos; por lo que después del análisis estadístico de los datos se llegó a la conclusión de solo tomar en donde la respuesta del tratamiento fue constante, por el hecho de corroborar que es posible a través del tiempo estandarizar el comportamiento de un cultivo, solo que este podría tomar más tiempo del esperado, por la necesidad de producción que se maneja a nivel comercial, las variables observadas se mantuvieron constantes en la semana 38 en ya que diámetro de tallo, tamaño de fruto, diámetro polar, ecuatorial y espesor del pericarpio, en el tratamiento de la mezcla de ácidos húmicos y fulvicos resultó favorable y consistente.

Conclusión

Se observó que en el comportamiento de las plantas los tratamientos presentan una influencia discontinua en la semana 35 a 40 ya que las variables superiores fueron donde no se aplicaron los compuestos orgánicos; en altura de planta y tamaño de fruto el tratamiento 4 Cadalora sin compuestos húmicos fue superior; en la variable diámetro de tallo tratamiento 3 Cadalora más compuestos húmicos mostro un comportamiento adecuado, lo que denota que los compuestos orgánicos son efectivos en cierta etapa fenológica de la planta.

En las variables de calidad, diámetro polar, ecuatorial y espesor de pericarpio en la semana 40, el tratamiento Cadalora mas compuestos húmicos fue superior ya que se mantuvo constante en estas tres variables, seguido del tratamiento 1 Femu más ácido fulvico.

Los resultados sugieren que la aplicación de dos ácidos orgánicos, húmicos y fulvicos son una herramienta útil para mejorar la calidad del cultivo de pimienta.

Bibliografia

Abd El-Hady, M.A.M. and Doklega, Horticulturae, 263, 109107. S.M.A. (2023). Effect of spraying some microelements and bio-stimulants on yield, quality and storage ability of red cabbage heads. Egyptian J. of Horticulture, 50(1): 109-122.

Abou-Hadid AF El-Shinawy MZ, El-Okh I Gomaa H, El-Beltagy AS. (1994) Studies on Water Consumption of Sweet Pepper Plant Under Plastic Houses. Acta Horticulturae. n.366, p.365- 71.

(Ahmed, N.; Basit, A.; Bashir, S.; Bashir, S.; Bibi, I.; Haider, Z.; Arif, A.M.; Aslam, Z.; Aon, M.; Alotaibi, S.S.; et al. Effect of acidified biochar on soil phosphorus availability and fertilizer use efficiency of maize (*Zea mays* L.J. King Saud Univ. Sci. 2021, 33, 101635.)

Aliyi Ibrahim, Abduselam Faris, Assefa Ayele, Alemayehu Oljirra, Mulubrihan Bayessa. 2021. Profitability and market performance of smallholder vegetable production: evidence from Ethiopia. *Heliyon* 7 (9): 1-12. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e08008.

Aly, A.; Eliwa, N. and Abd El Megid, M.H. (2019). Improvement of growth, productivity and some chemical properties of hot pepper by foliar application of amino acids and yeast extract. *Potravinarstvo*, 13(1).

Anyszka Zbigniew, Joanna Golian, Małgorzata Kohut. 2012. Comparison of the effectiveness of different weed control methods in field cultivated pepper (*Capsicum annum* L.). *Progress in Plant Protection* 52 (4): 879-884.

Araújo Haroldo Ferreira, Leal Pulo, Betin Pamela Santaguita, Nunes Eduardo. 2018. Economic profitability indicators of minitomatoes organic production in greenhouses. *Horticultura Brasileira* 36: 246-252. DOI: 10.1590/S0102-053620180217.

(A. Szafirowska and K. Elkner, "Yielding and fruit quality of three sweetpepper cultivars from organic and conventional cultivation," *Vegetable Crops Research Bulletin*, vol. 69, pp. 135-143, 2008. <http://dx.doi.org/10.2478/v10032-008-0028-x>)

Azcona, I., Pascual, I., Aguirreolea, J., Fuentes, M., García-Mina, J.M., Sánchez-Díaz, M., 2011. Growth and development of pepper are affected by humic substances derived from composted sludge. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 174, 916–924.

Baldotto, L.E.B., Baldotto, M.A., Giro, V.B., Canellas, L.P., Olivares, F.L., Bressan-Smith, B., 2009. Performance of 'Vitória' pineapple in response to humic acid application during acclimatization. *R. Bras. Ci. Solo* 33, 979–990.

Baldotto, L.E.B., Baldotto, M.A., Gontijo, J.B., Oliveira, F.M., Gonçalves, J., 2014. Acclimatization of orchid (Cymbidium sp.) in response to application of humic acids. *Ciência Rural* 44, 830–833.

BAR-YOSEF, B. Advances in fertigation. In: SPARKS, D.L. (Ed.) Advances in agronomy. New York: Academic Press, 1999. p.1-77. BENINCASA, M.M.P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.

Buczowska H., Michałojć Z., Nurzyńska-Wierdak R., 2016 Yield and fruit quality of sweet pepper depending on foliar application of calcium Turk. J. Agric. 40, 222-228.

Būmane Inga. 2018. The methodology of the statement of comprehensive income and its impact on profitability: the case of Latvia. *Entrepreneurship and Sustainability* 6 (1):77-86. DOI: 10.9770/jesi.2018.6.1(6).

Boyhan, G.E., Randle, W.M., Purvis, A.C., Lewis, P.M., Torrance, R.L., Curry, D.E., Linton, D.O., 2001. [Evaluation of growth stimulants on short-day onions](#). *Hortic. Technol* 11, 38–42.

Cebula, S. (1995). Black and transparent mulches in greenhouse production of sweet pepper. II. light conditions and the generative development of plants. *Folia-Horticulture*.v.7, n.2, p.59-67.

Canellas, L.P., Olivares, F.L., 2014. [Physiological responses to humic substances as plant growth promoter](#). *Chem. Biol. Technol. Agric.* 1, 1–11.

Castellane PD. polyethylene film for use in ground cover. Effects on soil characteristics and production of pepper (*Capsicum annuum* L.). Jaboticabal. 1995 77P. Thesis (Habilitation) - Faculty of Agriculture and Veterinary Sciences - UNESP, Jaboticabal)

Cavalcante, I.H.L., Silva-Matos, R.R.S., Albano, F.G.A., da Silva Jr., G.B., da Silva, A.M., Costa, L.S., 2013. [Foliar spray of humic substances on seedling production of yellow passion fruit](#). *J. Food Agric. Environ.* 11, 301–304.

Decoteau DR, Kasperbauer M. J, Hunt PG. (nineteen ninety). Bell Pepper Plant Development over Mulches of Diverse Colors. *HortScience*. v.25, n.4, p.460-62.

del Amor F.M., Cuadra-Crespo P., Varó P., Gómez M.C., 2009. Influence of foliar urea on the antioxidant response and fruit color of sweet pepper under limited N supply. *J. Sci. Food Agric.* 89, 504-510.

del Amor FM (2007) Yield and fruit quality response of sweet pepper to organic and mineral fertilization. *Renew Agr Food Syst* 22:233-238. doi:10.1017/S1742170507001792

du Jardin, P., 2012. The Science of Plant Biostimulants—A bibliographic analysis. Ad hoc Study Report to the European Commission DG ENTR. 2012; http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/fertilizers/final_report_bio_2012_en.pdf.

Engindeniz Sait, Ayse Gül. 2009. Economic analysis of soilless and soil-based greenhouse cucumber production in Turkey. *Scientia Agrícola* 66: 606-614. DOI: 10.1590/S0103-90162009000500004.

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 metabolomics approaches. *Front. Plant Sci.* 5 (375), 1-12, doi: 10.3389/fpls.2014.00375.

Fariba A., Ladan B., Shima H., 2016. Influence of preharvest nano calcium applications on postharvest of sweet pepper (*Capsicum annum*) Nursantra Bioscience 8(2), 215-220, doi: 10.13057/nusbiosci/n080213.

Galinato Suzette Pedroso, Carol Miles. 2013. Economic profitability of growing lettuce and tomato in Western Washington under high tunnel and open-field production systems. *HortTechnology* 23 (4): 453-461. DOI: 10.21273/HORTTECH.23.4.453.

Ghazi, D.A. (2020). Response of hot pepper plants (*Capsicum frutescens* L.) to compost and some foliar application treatments. *J. of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 11(11): 641- 646.

Gołębiewski Jarosław, Wioleta Sobczak. 2017. *Wholesale markets for fruit and vegetables*. Warsaw: Publishing House SGGW.

Hayes, M.H.B., 2006. Solvent systems for the isolation of organic components from soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70, 986–994.

Hernandez, O.L., Garcia, A.C., Huelva, R., Martínez-Balmori, D., Guridi, F., Aguiar, N.O., Olivares, F.L., Canellas, L.P., 2015. Humic substances from vermicompost enhance urban lettuce production. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 225–232.

Higashide, T. and E. Heuvelink. 2009. Physiological and morpho-logical changes over the past 50 years in yield components in tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 134: 460–465.

Huang, J., Gu, M., Lai, Z., Fan, B., K, Shi, Zhou, H., Yu, J.-Q., Chen, Z., 2010. Functional analysis of the Arabidopsis PAL gene family in plant growth, development, and response to environmental stress. *Plant Physiol.* 153, 1526–1538.

<https://richel-group.com>

(Joseph, S.; Graber, E.; Chia, C.; Munroe, P.; Donne, S.; Thomas, T.; Nielsen, S.; Marjo, C.; Rutledge, H.; Pan, G.X.; et al. Shifting paradigms: Development of high-efficiency biochar fertilizers based on nano-structures and soluble components. *Carbon Manag.* 2013, 4, 323–343.)

JOVICICH E., CANTLIFFE D.J., STOFELLA P.J., HAMAND.Z. 2007. Bell pepper fruit yield and quality asinfluenced by solar radiation-based irrigation and container media in a passively ventilated greenhouse. *Hort Science* 42(3):642-652.

Justi, M., Morais, E. G., & Silva, C. A. (2019). Fulvic acid in foliar spray is more effective than humic acid via soil in improving coffee seedlings growth. *Archives of Agronomy and Soil Science*.

Kaiser Cheryl, Matt Ernst. 2014. *High tunnel strawberries*. Center for Crop Diversification, University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment, <https://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu.ccd/files/hightunnelstrawberries.pdf>, access: 11.07.2021.

(Katerji, N., M. Mastrorilli, and A. Hamdy. 1993.Effects of water stress at different growth stages on pepper yield. *Acta Hort.* 335:165–171.)

(Lee, J.W., L. Byoung-Yil, B.L. Yong, and K. Ki- Sunday. 2000. Growth and inorganic contents of hot pepper seedling in fresh and decomposed expanded rice hull on growth of hot pepper seedling in expanded rice hull-based substrates. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41:36–40.)

Li, L., Qi, G., Wang, B., Yue, D., Wang, Y., & Sato, T. (2018). Fulvic acid anchored layered double hydroxides: A multifunctional composite adsorbent for the removal of anionic dye and toxic metal. *Journal of Hazardous Materials*, 343, 19–28.

Lulakis, M.D., Petsas, S.I., 1995. [Effect of humic substances from vine-caness mature compost on tomato seedling growth](#). *Bioresour. Technol* 54, 179–182.

(Marcelis et al., 2006). (Marcelis, L.F.M., A. Elings, M.J. Bakker, E. Brajeul, J.A. Dieleman, P.H.B. de Visser, and E. Heuvelink. 2006. Modelling dry matter pro-duction and partitioning in sweet pepper. *Acta Hort.* 718:121–128.)

Mariyono Joko. 2018. Profitability and determinants of smallholder commercial veg-etable production. *International Journal of Vegetable Science* 24 (3): 274-288. DOI:10.1080/19315260.2017.1413698.

Marouelli WA, Carvalho e Silva W L, Silva HR. Irrigation management in vegetables. Brazilian Agricultural Research Corporation, National Center for Horticultural Research, Brasilia, 1994. 60p.

Marouelli WA, Silva L. Irrigation in the Chili culture. Technical Circular 101. Brazilian Agricultural Research Corporation, National Center for Horticultural Research, Brasilia. 2012, 19p.

MELO, A.M.T. Análise genética de caracteres de fruto em híbridos de pimentão. Piracicaba: ESALQ/USP, 1997. 112p. (Tese - Doutorado).

(M. H. Aminifard, H. Aroiee, S. Karimpour y H. Nemati, «Growth and yield characteristics of paprika pepper (*Capsicum annuum* L.) in response to plant density,» Asian Journal of Plant Sciences, vol. 9, n° 5, pp. 276-280, 2010.).

Montemurro F, Ciaccia C, Leogrande R, Ceglie F, Diacono M (2015) Suitability of different organic amendments from agro-industrial wastes in organic lettuce crops. *Nutr Cycl Agroecosyst* 102:243-252. doi:10.1007/s10705-015-9694-5

Mora V., Bacaicoa E., Zamarreño E.-M., Aguirre E., Garnica M., Fuentes M., 2010. Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. *J. Plant Physiol.* 167, 633-642.

Murthy Sreenivasa, B. Prabhakar, Shankara Hebbar, V. Srinivas, Mahadevaiah Prabhakar. 2009. Economic feasibility of vegetable production under srinivas polyhouse: A case study of capsicum and tomato. *Journal of Horticultural Sciences* 4 (2): 148-152.

OJEDA W. 2004. Programación del riego bajo condiciones de invernadero. III Curso Internacional de Invernaderos. Tomo II. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 71 p.

Olivares, F.L., Aguiar, N.O., Rosa, R.C.C., Canellas, L.P., 2015. [Substrate biofortification in combination with foliar sprays of plant growth promoting bacteria and humic substances boosts production of organic tomatoes.](#) *Sci.Hortic.* 183, 100–108.

Pakyurek AY, San KAN, Guler HY. (1994). Influence of mulching on earliness and yield of some vegetables grown under high tunnels. *Minutes Horticulturrae*, n.366, p.155-60.

Paradiković N., Vinković T., Vinković-Vrček I., Zuntar I., Boji M., Medic-Sari M., 2011. Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *J. Sci. Food Agric.* 91, 2146-2152.

Pérez-Jiménez M., Pazos-Navarro M., López- Marina J., Gálvez A., Varó P., Francisco M., et al., 2015. Foliar application of plant growth regulators changes the nutrient composition of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) *Sci. Hort.* 194, 188-193.

[Pettit, R. E. \(2004\). Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: Their importance in soil fertility and plant health.](#) *CTI Research*, 10, 1–7.

Piccolo, A., 2002. The supramolecular structure of humic substances. A novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. *Adv. Agron.* 75, 57–134.

Przybysz, A., Gawronska, H., Gajc-wolska, J., 2014. Biological mode of action of a nitrophenolates-based biostimulant: case study. *Front. Plant Sci.* 5, 1–15, Article 713.

RAIJ, B. V. Princípios de correção e de adubação para mudas e para produção comercial. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1990, Jaboticabal. Anais. Piracicaba: Potafos, 1993, p.75-84.

Ramana-Rao T.V., Gol N.B., Shah K.K., 2011. Effect of postharvest treatments and storage temperatures on the quality and shelf life of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). Sci. Hort. 132, 18-26.

(S. Abou-El-Hassan and A.H. Desoky, "Effect of compost and compost tea on organic production of head lettuce," J. Appl. Sci. Res., vol. 9, no.11, pp. 5650-5655, 2013.)

Senesi N, Miano TM (1995). The role of abiotic interactions with humic substances on the environmental impact of organic pollutants. Natural Anthropogenic Organics. 1:311-335.

Shabala, L., Mackay, A., Jacobsen, S., Erik, Z., Hou, D., Shabala, S., 2012. [Oxidative stress protection and stomatal patterning as components of salinity tolerance mechanism in quinoa \(*Chenopodium quinoa*\)](#). *Physiol. Plantarum*. 146, 26–38

SILVA, M.A.G. Efeito do nitrogênio e potássio na produção e nutrição do pimentão em ambiente protegido. Piracicaba: ESALQ/USP, 1998. 86p. (Tese - Doutorado).

Siwek P, S Cebula, Libik A Mydlarz J. (1994). The effect of mulching on changes in microclimate and on the growth and yield of sweet pepper grown in plastic tunnels. *Minutes Horticulturrae*, n.366, p.161-167.

Stevenson FJ (1994). *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*, USA, New York Wiley- Interscience Press.

Taha, A., Omar, M. and Ghazy, M. (2016). Effect of humic and fulvic acids on growth and yield of lettuce plant. *J. of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 7(8): 517-522.

Tantawy A.S., Salama Y.A.M., El-Nemr M.A., Abdel- Mawgoud A.M.R., 2015. Nano silicon application improves salinity tolerance of sweet pepper plants. *Int. J. ChemTech Res.* 8(10), 11-17.

TAKANE R.J., YANAGISAWA S.S., De ASSIS E. 2013. Técnicas em substratos para a floricultura. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, Brasil. 147 p.

Tittonell, P., 2014. [Ecological intensification of agriculture – sustainable by nature](#). *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 8, 53–61.

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., Belfort, B.L., 2011. [Global food demand and the sustainable intensification of agriculture](#). *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 108, 20260–20264.

Tuteja N., 2007. Links mechanisms of high salinity tolerance in plants. *Meth. Enzymol.* 428, 419-438.

1. 2. Tripathy P, Maity TK. Evaluation of Kharif Okra hybrids under reduced level of chemical fertilizers. *Orissa Journal of Horticulture*. 2011;36(1):1-7. Lampkin NH. Organic farming. In: S. Padel (ed.). *Soil sickness and soil fertility*. Cab Publisher, Wallingford, USA; 2000. 3. Norton RM, Howie P, Walker C. Soil test values and nutrient balances from a long term fertilizer experiment. 16th Australian Agronomy Conference; 2012.

<https://www.syngentavegetables.com/sites/g/files/kgtny786/files/media/document/2024/07/03/catalogo%20cascadura%20%281%29.pdf>

<https://www.vegetables.bayer.com/mx/es-mx/productos/chile-pimiento.html#:~:text=DE%20RUITER%20LEMONCELLO&text=Pa%C3%ADs:%20M%C3%A9xico-,Season:,de%20alta%20y%20mediana%20tecnolog%C3%ADa.>

Van der Werken JE, Lee D. Wilcox, (1988). Influence of Plastic Mulch and Type and Frequency of Irrigation on Growth and Yield of Bell Pepper. *HortScience*, v.23, n.6, p.985-8.

Van-Hees PA, Jones DL, Finlay R, Godbold DL, Lundstrom US (2005). The carbon we do not see the impact of low molecular weight compounds on carbon dynamics and respiration in forest soils: a review. *Soil. Biol. Biochem.* 37: 1-13.

Vernieri P., Borghesi E., Tognoni F., Ferrante A., Serra G., Piaggese A., 2006. Use of biostimulants for reducing nutrient solution concentration in floating system. *Acta Hort.* 718, 477-484.

Veronica N., Tulasi G., Ramesh T., Narendra R.S., 2015. Role of Nano fertilizers in agricultural farming. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 1(1), 1-3.

VILLAS BÔAS, R.L. Doses de nitrogênio para o pimentão aplicadas de forma convencional e através da fertirrigação. Botucatu: FCA/UNESP, 2001. 123p. (Tese - Livre Docência).

Vinković T., Paradiković N., Plavšić H., Guberac V., Levai L., 2007. Maize and soybean seed vigour under influence of seed age, seed treatment and temperature in cold stress test. *Cer. Res. Comm.* 35(2), 1213-1216.

Werner Justyna. 2021. Capsaicinoids – properties and mechanisms of pro-health action. [W] *Analytical methods in the determination of bioactive compounds and elements in food*, ed. Magdalena Jeszka-Skowron, Agnieszka Zgoła-Grześkowiak, Tomasz Grześkowiak, Akula Ramakrishna, 193-225. Springer.