

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EXTRACTOS DE PLANTAS DEL SEMIDESIERTO COMO
BIOESTIMULANTES DE CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE
FRUTO EN PIMIENTO MORRÓN *Capsicum annuum* L.

Tesis

Que presenta MARTÍN FRANCISCO ROCHA RIVERA

Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2022

EXTRACTOS DE PLANTAS DEL SEMIDESIERTO COMO
BIOESTIMULANTES DE CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE
FRUTO EN PIMIENTO MORRÓN *Capsicum annuum* L.

Tesis

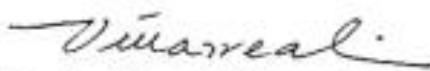
Elaborada por MARTÍN FRANCISCO ROCHA RIVERA como requisito parcial
para obtener el Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN con la supervisión y aprobación del Comité de
Asesoría



Dra. Diana Jasso Cantú
Asesor principal



Dr. Homero Ramírez Rodríguez
Asesor



Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla
Asesor



Dra. Ma. de Lourdes Virginia Díaz Jiménez
Asesor



Dr. Antonio Flores Naveda
Subdirector de Postgrado
UAAAN

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EXTRACTOS DE PLANTAS DEL SEMIDESIERTO COMO
BIOESTIMULANTES DE CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE
FRUTO EN PIMIENTO MORRÓN *Capsicum annuum* L.

Tesis

Que presenta MARTÍN FRANCISCO ROCHA RIVERA

Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN


Dra. Diana Jasso Cantú
Director (UAAAN)

Saltillo, Coahuila


Dra. Ma. de Lourdes V. Díaz Jiménez
Co-Director (externo)

Diciembre 2022

AGRADECIMIENTOS

Agardezco a **Dios**, por haberme dado sabiduría y salud en esta trayectoria como estudiante.

A mi **Alma Terra Mater**, por darme el conocimiento y la preparación para enfrentar los retos en mi vida diaria, y profesional.

A la **Dra. Diana Jasso Cantú**, por haberme dado la gran oportunidad de formar parte de su equipo, y brindarme su confianza y apoyo para la obtención del Grado, y por haber sido parte de mi formación personal y profesional.

Al **Dr. Raúl Rodríguez García**, por su apoyo y disponibilidad, y por su ayuda brindada para la realización de este trabajo de grado.

A mis asesores: **Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla**, **Dr. Homero Ramírez Rodríguez**, **Dra. M. de Lourdes Virginia Díaz Jiménez**, quienes brindaron sus conocimientos y experiencias, y haber sido parte para la realización de este trabajo de tesis de Grado.

A la **T.A. Guadalupe Moreno Esquivel**, **T.A. Edith Chaires Colunga** y **Juan Valenzuela Cabrera**, les agradezco por su confianza brindada, por su amistad, y por la ayuda y todas las facilidades que me brindaron para la realización de esta tesis.

“Buitres por Siempre”.

DEDICATORIA

A mis padres:

Martín Rocha Castillo y Celia Rivera Muñiz

Les agradezco por haberme todo su apoyo, por todos sus esfuerzos y por todo su amor que me han brindado, por haberme guiado por el mejor camino de la vida, y por creer siempre en mi.

A mis Hermanos: **Kathia Itzel Rocha Rivera** y **Emiliano Rocha Rivera**, les agradezco siempre por estar conmigo.

A mis Tíos: **Cristina Rivera Muñiz**, **J. Antonio Alarcón Robledo**, por siempre haber estado conmigo, por apoyarme siempre, a mi tía **Delfina Rivera Muñiz**, por haberme siempre brindado su apoyo y confianza, a mi tía **Concepción Rivera Muñiz**, por haberme apoyado siempre.

A mis Abuelos: **Catalina Muñiz** y **Manuela Castillo**, porque siempre me apoyaron y estuvieron conmigo.

A mis amigos: Iván **Cuevas**, Osvaldo **Alcántara**, Adín **Hernández**, César **García**, Armando **Moreno**, Joel **Gayosso**, Iván **Santizo**, Oscar **Peñabots**, Alondra **Alcántara**, Belén **Rocha**, Valeria **Rentería**, Dr. Octavio **Gaspar**, Refugio **Vaca**, Eduardo **Calderón**, Oscar **Romo**, Daniel **Sánchez**, Ervidan **Pérez**, por su amistad, apoyo y tantos momentos compartidos.

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos.....	iv
Dedicatorias.....	v
Lista de cuadros.....	x
Lista de figuras.....	xi
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
Justificación.....	4
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos.....	5
Hipótesis.....	5
REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
Origen e importancia del cultivo de pimiento morrón.....	6
Importancia económica del pimiento morrón.....	6
Condiciones de crecimiento del pimiento morrón.....	6
Cultivo sin suelo.....	7
Extractos de plantas.....	7
Especies de plantas de las zonas semiáridas del Noreste de México.....	8
<i>Rhus muelleri</i>	8
<i>Rhus virens</i>	9

<i>Flourensia microphylla</i>	10
<i>Flourensia retinophylla</i>	11
Compuestos fenólicos.....	12
Bioestimulantes.....	13
Aplicación foliar de bioestimulantes.....	13
Compuestos biorreguladores.....	14
Ácido giberélico (AG).....	14
Ácido indolacético (AIA).....	15
6 Bencilaminopurina (6-BAP).....	15
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
Ubicación del sitio experimental.....	17
Material de estudio.....	17
Siembra.....	17
Preparación del sitio experimental.....	17
Riego y fertilización.....	18
Trasplante.....	18
Tratamientos.....	19
Labores culturales.....	21
Clima.....	22
Control fitosanitario.....	24
Fisiopatías.....	24

Cosecha.....	25
Diseño experimental.....	28
VARIABLES A EVALUAR.....	28
Crecimiento longitudinal de tallo.....	29
Diámetro de tallo.....	29
Materia seca total de la planta (MST).....	29
Longitud de raíz.....	29
Volumen de raíz.....	29
Días a floración.....	30
Número de hojas por planta.....	30
Contenido de clorofila en hojas.....	30
Número de frutos por planta.....	30
Peso fresco de fruto.....	30
Rendimiento por planta.....	30
Diámetro longitudinal (DLF) y ecuatorial de fruto (DEF).....	31
Volumen de fruto (VDF).....	31
Número de lóbulos por fruto (NLF).....	31
Peso seco de semillas por fruto (PSS).....	31
Número de semillas por fruto (NSF).....	31
Firmeza de fruto.....	31
Grosor del pericarpio del fruto (GPF).....	32

Acidez titulable.....	32
Sólidos solubles totales (SST).....	32
Potencial hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica (CE) de la pulpa del fruto.....	33
Capsaisinoides totales (capsaicina y dihidrocapsaicina) (CT).....	33
Contenido de fenoles totales (CFT).....	33
Antocianinas.....	34
Licopeno.....	34
Vitamina C.....	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
Crecimiento longitudinal y diámetro de tallo.....	36
MTS (hojas, tallo y raíz; MST), longitud y volumen de raíz.....	39
Días a floración, número de hojas y contenido de clorofila en hojas.....	39
Variables de rendimiento.....	43
Variables de calidad de fruto.....	46
Variables de calidad de fruto.....	49
Variables de calidad de fruto.....	50
Variables de calidad de fruto.....	52
CONCLUSIONES.....	55
REFERENCIAS.....	56

Lista de cuadros

Cuadro 1. Tratamientos y fecha de aplicación en el cultivo de pimiento morrón.....	21
Cuadro 2. Registro de aplicaciones para el control de plagas y enfermedades en pimiento morrón.....	24
Cuadro 3. Registro de cosechas de frutos de pimiento morrón en el transcurso del experimento.....	27
Cuadro 4. Efecto de los extractos de plantas del semidesierto en variables agronómicas de pimiento morrón.....	40
Cuadro 5. Efecto de los extractos de plantas del semidesierto en variables agronómicas de pimiento morrón.....	42
Cuadro 6. Efecto de los extractos de plantas del semidesierto en variables de rendimiento en pimiento morrón.....	43
Cuadro 7. Efectos de los extractos de plantas del semidesierto en variables de calidad de fruto en pimiento morrón.....	47
Cuadro 8. Efecto de los extractos de plantas del semidesierto en variables de calidad de fruto en pimiento morrón.....	49
Cuadro 9. Efecto de los extractos de plantas del semidesierto en variables de calidad de fruto en pimiento morrón.....	51
Cuadro 10. Efecto de los extractos de plantas del semidesierto en variables de calidad de fruto en pimiento morrón.....	52

Lista de figuras

Figura 1. Planta de <i>Rhus muelleri</i> colectada (a) y en campo (b).....	9
Figura 2. Planta de <i>Rhus virens</i> colectada (a) y en campo (b).....	10
Figura 3. Planta de <i>Flourensia microphylla</i> colectada (a) y en campo (b).....	11
Figura 4. Planta de <i>Flourensia retinophylla</i> colectada (a) y en campo (b).....	12
Figura 5. Tratamiento de plántulas de pimiento morrón (a) y trasplante en invernadero (b).....	19
Figura 6. Aplicación foliar de extractos y biorreguladores.....	21
Figura 7. Poda de formación a dos tallos en pimiento morrón.....	22
Figura 8. Registro diario de temperatura al interior del invernadero.....	23
Figura 9. Quemadura o golpe de sol en fruto de pimiento morrón.....	25
Figura 10. Corte correcto de fruto de pimiento morrón para su cosecha.....	26
Figura 11. Tabla de porcentaje de maduración de pimiento morrón color rojo, anaranjado y amarillo.....	26
Figura 12. Frutos de pimiento morrón en invernadero.....	27
Figura 13. Frutos cosechados de los ocho tratamientos en el experimento en el tiempo transcurrido.....	28
Figura 14. Crecimiento longitudinal de tallo a los 187 DDT. Cada punto representa la media de 12 repeticiones; representa diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$).....	37
Figura 15. Crecimiento de diámetro de tallo a los 187 DDT. Cada punto representa la media de 12 repeticiones; representa diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$).....	37

Resumen

EXTRACTOS DE PLANTAS DEL SEMIDESIERTO COMO
BIOESTIMULANTES DE CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE
FRUTO EN PIMIENTO MORRÓN *Capsicum annuum* L.

POR

MARTÍN FRANCISCO ROCHA RIVERA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERIA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DRA. DIANA JASSO CANTÚ -ASESOR-

Saltillo, Coahuila.

Diciembre 2022

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de cuatro extractos de plantas del Semidesierto del Noreste Mexicano: *Rhus muelleri*, *R. virens*, *Flourensia microphylla* y *F. retinophylla*, como bioestimulantes de crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en pimiento morrón, comparados con los biorreguladores ácido giberélico, ácido indol acético y 6 bencilaminopurina. La dosis de extractos metanólicos y biorreguladores fue de 75 mg L⁻¹, aplicados: al trasplante, 17 días después de trasplante (DDT), a los 33, 46 y 94 DDT, y los biorreguladores al trasplante, 33 y 46 DDT. Se evaluaron variables de crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en pimiento morrón. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con ocho tratamientos y 12 repeticiones. El extracto de *F. retinophylla* estimuló mayor peso de frutos por planta (212.9 g), volumen de fruto (404.2 cm³) y rendimiento de fruto por planta (1.57 kg planta⁻¹). *F. microphylla* promovió el contenido de vitamina C (100.1 mg 100 g⁻¹). *R. muelleri* incrementó los SST del fruto (8.6 °Brix). Estos resultados, fueron estadísticamente superiores o iguales, comparados con los biorreguladores. En general, los extractos promovieron el crecimiento, rendimiento y calidad de fruto de pimiento morrón var. Cannon, comparados con los biorreguladores.

Palabras clave: *Flourensia microphylla*; *F. retinophylla*; promotor de crecimiento; *Rhus muelleri*; *R. virens*.

Abstract

EXTRACTS FROM SEMI-DESERT PLANTS AS BIOSTIMULANTS OF
GROWTH, YIELD AND QUALITY OF FRUIT IN BELL PEPPER
Capsicum annuum L.

BY

MARTÍN FRANCISCO ROCHA RIVERA

MASTER OF SCIENCE IN ENGINEERING OF PRODUCTION SYSTEMS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DRA. DIANA JASSO CANTÚ -ASESOR-

Saltillo, Coahuila.

December 2022

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of four plant extracts from the Northeast Mexican Semidesert: *Rhus muelleri*, *R. virens*, *Flourensia microphylla* and *F. retinophylla*, as biostimulants for growth, yield and fruit quality in bell pepper, compared with the bioregulators gibberellic acid, indole acetic acid and 6-benzylaminopurine. The dose of methanolic extracts and bioregulators was 75 mg L⁻¹, applied: to the transplant, 17 days after transplant (DAT), at 33, 46 and 94 DAT, and the bioregulators to the transplant, 33 and 46 DAT. Variables of growth, yield and quality of the bell pepper fruit, were evaluated. The experiment was established under a completely randomized design with eight treatments and 12 repetitions. The *F. retinophylla* extract stimulated higher fruit weight per plant (212.9 g), fruit volume (404.2 cm³) and fruit yield per plant (1.57 kg plant⁻¹). *F. microphylla* promoted the content of vitamin C (100.1 mg 100 g⁻¹). *R. muelleri* increased the TSS of the fruit (8.6 °Brix). These results were statistically superior or equal, compared to the bioregulators. In general, the extracts promoted the growth, yield and fruit quality of bell pepper var. Cannon, compared to bioregulators.

Key words: *Flourensia microphylla*; *F. retinophylla*; growth promoter; *Rhus muelleri*; *R. virens*.

INTRODUCCIÓN

El pimiento es un alimento que tiene su origen en el centro y norte de Sudamérica, el fruto tiene diversos colores, que varían del rojo, naranja, verde y amarillo. En México, casi el 50 % de su producción se obtiene bajo agricultura protegida, lo que permite que el pimiento morrón se pueda encontrar en el mercado en cualquier época del año (SADER, 2019).

En México, los pimientos ocupan el cuarto lugar de exportación de productos agrícolas en fresco, con un valor de 1, 776 millones de dólares (SIAP, 2021). Así mismo, en el año 2021 la producción de pimiento morrón en campo y en agricultura protegida (invernadero, malla sombra y macro túnel) fue de 567, 350.02 toneladas (t), en una superficie cosechada de 7, 200.46 ha, con un rendimiento promedio nacional de 78.79 t ha⁻¹, con un valor de la producción de 7, 665.13 millones de pesos (SIAP, 2022). Además, México destaca como un importante productor de pimiento morrón orgánico, alcanzando una producción anual de 3,780 t (SADER, 2019).

Actualmente y bajo el enfoque de una agricultura sostenible aplicado a los sistemas de producción, se están utilizando en los cultivos técnicas de manejo amigables con el medio ambiente y con la salud humana, entre estas técnicas está el uso de bioestimulantes (Prasad *et al.*, 2019), los cuales son sustancias o microorganismos que al aplicarse a las plantas, tienen la capacidad de mejorar su eficacia en absorción y asimilación de nutrientes, así como tolerancia al estrés, mejorando el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos, muy independiente al contenido de nutrientes (Du Jardin, 2015; Paradikovic *et al.*, 2018). Entre las experiencias con el uso de bioestimulantes citaremos que la aplicación del bioestimulante FitoMas-E acortó el ciclo del cultivo de caña azucarera, y potencializó la acción de los fertilizantes, reduciendo la dosis recomendada de un 30 a 50 % (Montano *et al.*, 2007). Las bacterias promotoras del crecimiento (PGPR) y oligosacarinas utilizadas como bioestimulantes de calabacita (*Cucurbita pepo* L. var. Grey Zucchini), mejoraron las características

físicas, bioquímicas y calidad de los frutos, además de un mayor rendimiento (Soriano-Melgar *et al.*, 2020). El efecto de tres bioestimulantes: ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos fue evaluado en pimiento morrón, los tres bioestimulantes promovieron la germinación. El humus y quitosano aumentaron la emergencia, mientras que los ácidos húmicos promovieron mayor altura y diámetro de tallo, e incrementaron longitud, diámetro, peso y frutos por planta (Reyes-Pérez *et al.*, 2021).

Los extractos obtenidos de las plantas en general, contienen metabolitos secundarios destacando de entre ellos compuestos fenólicos, cumarinas, flavonoides, taninos entre otros (Rodríguez-Castro, 2020). Otro enfoque de investigación, es que al aplicar extractos polifenólicos de la corteza de abeto (*Picea abies*) en *Glycine max* L. y *Helianthus annuus*, mejoraron la capacidad de germinación de las semillas de las dos especies (Tanase *et al.*, 2011). También con el uso de estos extractos, las plantas de girasol ganaron mayor cantidad de biomasa, e incrementaron significativamente varios procesos fisiológicos (tasa de asimilación, tasa de transpiración, concentración de CO₂ en la cavidad subestomatal), (Tanase *et al.*, 2014). La aplicación en *Ocimum basilicum* L., y en *Lavandula angustifolia* Mill, incrementó el tejido foliar y la acumulación de biomasa foliar (Talmaciu *et al.*, 2015; Tanase *et al.*, 2019). Por otra parte, los extractos polifenólicos de semilla de uva, estimularon el alargamiento de la raíz en avena (*Avena sativa*) y maíz (*Zea mays*), además de la acumulación de biomasa (Ingat *et al.*, 2011).

En el estado de Coahuila ubicado en las zonas semidesérticas del noreste del país, crecen una gran variedad de plantas silvestres, entre ellas *Rhus muelleri* (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2015), *Flourensia microphylla* y *F. retinophylla* (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2017), en las cuales se han determinado altos contenidos de compuestos polifenólicos y actividad antioxidante. Además, en estas plantas se han identificado principalmente, compuestos flavonoides y ácidos fenólicos (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2023; Carrillo-Lomelí *et al.*, 2022). Los extractos de estas especies han sido evaluados como bioestimulantes, encontrando que el

extracto de *R. muelleri* mostró la mayor efectividad al promover el crecimiento y producción de fruto de tomate, lo cual se atribuye a los compuestos fenólicos y a la sinergia entre la matriz de los compuestos químicos que lo integran (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2020).

Basado en las investigaciones anteriormente citadas, es de interés ampliar el uso de los extractos de plantas del semidesierto como bioestimulantes en otros cultivos hortícolas, es que se propuso el siguiente objetivo: evaluar el efecto bioestimulante de los extractos de cuatro especies de plantas del semidesierto, como promotores de crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en pimiento morrón, en comparación con tres biorreguladores.

Justificación

Esta investigación tiene como finalidad probar cuatro extractos de plantas del Semidesierto del Noreste Mexicano, que contienen compuestos fenólicos y un conjunto de compuestos que interactúan y trabajan entre sí, y que sean comparadas con tres biorreguladores, los cuáles son compuestos puros; ya que investigaciones de la última década han demostrado que los compuestos fenólicos son similares a las hormonas, encontrándose que los extractos vegetales funcionen como bioestimulantes en el cultivo de pimiento morrón.

Objetivo general

Evaluar el efecto bioestimulante de cuatro extractos de plantas del semidesierto del noreste mexicano, como promotores de crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en pimiento morrón, en comparación con tres biorreguladores.

Objetivos específicos

- Determinar en pimiento morrón, el efecto de cuatro extractos del semidesierto en el crecimiento vegetativo: crecimiento longitudinal y diámetro de tallo, materia seca total de la planta (hojas, tallo raíz), longitud y volumen de raíz, días a floración, contenido de clorofila en hojas; comparado con tres biorreguladores, ácido giberélico, ácido indolacético y 6 bencilaminopurina.
- Evaluar el rendimiento del fruto: número de frutos por planta, peso fresco de fruto y rendimiento por planta, así como en la calidad del fruto: diámetro longitudinal y ecuatorial de fruto, volumen de fruto, número de lóbulos por fruto, peso seco de semillas por fruto, número de semillas por fruto, firmeza de fruto, grosor del pericarpio del fruto, sólidos solubles totales, pH y CE de la pulpa del fruto, capsaisinoides totales, contenido total de fenoles, antocianinas, licopeno y vitamina C; comparado con tres biorreguladores, ácido giberélico, ácido indolacético y 6 bencilaminopurina.

Hipótesis

Los extractos de plantas del semidesierto promueven mayor crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en pimiento morrón, que el control y biorreguladores.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen e importancia del cultivo de pimiento morrón

El pimiento morrón es un cultivo originario de América, principalmente en Sudamérica, este fruto, se puede encontrar en diferentes colores que varían desde el verde, amarillo, naranja y rojo, dependiendo de su estado de maduración (SADER, 2022). Además, pertenece a la familia de las Solanáceas, variedad Grossum, especie *Capsicum annuum*. En México, el fruto de morrón, es utilizado como condimento o especia, además, posee un alto valor nutritivo, bajo contenido en grasas, y una gran cantidad de agua, rico en vitaminas, minerales, carbohidratos y fibra (SADER, 2019). SADER (2022), reporta que casi el 50 % de la producción en el país, es bajo la modalidad de agricultura protegida, tales como: en invernadero, malla sombra o macro túnel.

Importancia económica del pimiento morrón

De acuerdo a la Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (2022), México se ha posicionado en los últimos años, como el principal país exportador de pimientos frescos, con una participación mundial del 29 %, y cuyos principales países importadores son: Estados Unidos, Canadá y Reino Unido. Para el año 2021, el valor de las exportaciones de pimiento fresco, alcanzó los mil 366 millones de dólares, con un alza del 5.4 % en comparación con el año 2020. Además, reporta que dentro de las cantidades registradas de producto vendidas hacia los principales países importadores, se registró que se vendió en promedio por año, la cantidad de un millón 47 mil t a EE.UU., seis mil 300 t a Canadá y mil 500 t a Reino Unido, respectivamente.

Condiciones de crecimiento del pimiento morrón

Para un buen desarrollo y crecimiento óptimo de las plantas de pimiento morrón, deben de crecer en suelos con buen drenaje, de textura limosa-arenosa, y, además, con temperaturas que van desde los 18 a los 30 °C, ya que por debajo

o por encima de estas temperaturas, pueden provocar una baja calidad en de fruto (SADER, 2019).

Cultivo sin suelo

Actualmente, la degradación de los suelos y la poca disponibilidad de agua, suelen ser características de las zonas áridas y semiáridas a nivel mundial, de las cuales muchas de ellas están en proceso y corren el riesgo de desertificación. Siendo el sector agrícola, una actividad que juega un papel muy importante para el desarrollo económico del país, por la producción de alimentos, en zonas con escasez de recursos hídricos. Por ello, se ha implementado la hidroponía como una alternativa viable en la producción de diversos cultivos, tales como: tomates, chiles, lechugas, pepinos, entre muchas más, y que además, se promueve la protección ambiental y la sustentabilidad, ya que este sistema permite el ahorro del agua (López, 2018). Por su parte, Pastor (2000), menciona que, los sustratos representan una alternativa para la producción de cultivos asegurando una óptima inocuidad. Los sustratos, son un medio de crecimiento, que tienen como objetivo el proveer de soporte físico a las plantas, aire, agua y nutrientes (Pire y Pereira, 2003). Además, contribuyen a la intensificación de la producción hortícola, previendo altos rendimientos, con áreas de producción cada vez más adversas (Ansorena, 1994). El peat moss es uno de los materiales más utilizados para este sistema de producción, ya que prevee de un óptimo crecimiento a las plantas (Arenas *et al.*, 2002).

Extractos de plantas

Los extractos vegetales, en general son productos generados a partir de los diferentes órganos de las plantas, tales como raíces, corteza, semillas, brotes, hojas y frutos, que pueden ser provenientes de algunas plantas ya identificadas por poseer mecanismos de defensa y actividad medicinal (Bennett y Wallsgrove, 1994). Por su parte Díaz-Dellavalle *et al.* (2011) y Daniel *et al.* (2015), mencionan que los extractos pueden contener diferentes compuestos o los mismos compuestos, pero en cantidades variables, y que muchas de esos compuestos

influyen por poseer propiedades antifúngicas. Así mismo, Cowan (1999) y Ávalos-García y Carril (2009), reportaron que las plantas tienen la capacidad de poder sintetizar una gran cantidad de diversos metabolitos secundarios, y que están estrechamente relacionados con diferentes mecanismos de defensa de las plantas, dentro de los compuestos se pueden identificar terpenos, fenoles, compuestos nitrogenados: como alcaloides y azufrados, y cuyos compuestos contienen propiedades antimicrobianas.

Especies de plantas de las zonas semiáridas del Noreste de México

Rhus muelleri

La especie *Rhus muelleri* Standl. y F.A. Barkley (Figura 1), es una planta perteneciente a la orden Sapindales, de la familia Anacardiaceae, del género *Rhus* y epíteto específico *muelleri*. Cuya información geográfica muestra que es oriunda de México, perteneciente al estado de Coahuila y Nuevo León, cerca de las montañas de Monterrey (IBUNAM, 2011). Andrés-Hernández *et al.* (2006), indica que crece en zonas cálidas con vegetación de bosques de pino-encino, desde los 2000 a los 2500 metros de altitud. Por su parte, Jasso de Rodríguez *et al.* (2015), reportaron que se identificaron ocho compuestos bioactivos en hojas de *R. muelleri* mediante análisis GC-MS, y cuyo contenido fenólico total y actividad antioxidante en hojas y extracto etanólico fueron superiores a lo reportado por otras especies del mismo género. Y que, además, tuvo actividad antifúngica frente a *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersisí*, y donde también el extracto de *R. muelleri* aplicado como bioestimulante promovió el crecimiento y la producción de fruto de tomate (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2020).



(a)

(b)

Figura 1. Planta de *Rhus muelleri* colectada (a) y en campo (b).

Rhus virens

La planta *R. virens* (Figura 2), es una planta vascular, del orden Sapindales, de la familia Anacardiaceae, del género *Rhus* y especie *Rhus virens*, cuyo nombre científico es *Rhus virens* subs. *virens*. Esta planta se desarrolla en el tipo de vegetación izotal y o encinar, casi chaparral. Se desarrolla en laderas calizas y en cañones pronunciados, crece sobre suelo de tipo calcáreo, y, además, se puede encontrar en las zonas semiáridas del estado de Coahuila (IBUNAM, 2019).



Figura 2. Planta de *Rhus virens* colectada (a) y en campo (b).

Flourensia microphylla

La especie *Flourensia microphylla* (A. Gray) S. F. Blake (Figura 3), pertenece al orden Asterales, a la familia Astateraceae, género *Flourensia* DC. y a la especie *F. microphylla* (A. Gray) S. F. Blake (Orrell, 2022). Perteneciente al estado de Coahuila (IBUNAM, 2010). En lo que respecta, a *F. microphylla* Jasso de Rodríguez *et al.* (2017), reportaron que se identificaron mediante un análisis de GC-MS en extractos etanólicos siete compuestos en hojas y nueve en ramas, y en los extractos acuosos se identificaron siete en hojas y tres en ramas, de los cuales, se observaron compuestos como el hexilenglicol, en el extracto etanólico de naturaleza polirol, con acción bacteriana y actividad antifúngica (Kinnunen y Koskela, 1991). Además, en el extracto acuoso se logró identificar metoxi feniloxima, de naturaleza oxima, cuyas propiedades que posee son antioxidantes y con actividad antimicrobiana (Al-Tameme *et al.*, 2015).



Figura 3. Planta de *Flourensia microphylla* colectada (a) y en campo (b).

Flourensia retinophylla

Flourensia retinophylla S. F. Blake (Figura 4), es una planta del orden Asterales, familia Asteraceae, y del género *Flourensia*, se encuentra ubicada en el estado de Coahuila (Arizona State University Biocollections, 2022). Por su parte, Jasso de Rodríguez *et al.* (2017), reportaron que mediante un análisis GC-MS, de extractos etanólicos y acuosos de hojas y ramas, se identificaron en el extracto de etanol, compuestos en hojas y 7 en ramas, y en los extractos acuosos se identificaron 6 en hojas y 2 en ramas, y fueron de naturaleza amida, además, se probó el extracto de *F. retinophylla*, sobre hongos de poscosecha, teniendo una alta efectividad en la inhibición del crecimiento mycelial de *F. oxysporum* y *R. stolonifera*, cuyos patógenos afectan las frutas en poscosecha.



(a)



(b)

Figura 4. Planta de *Flourensia retinophylla* colectada (a) y en campo (b).

Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son sustancias que poseen un anillo aromático que contienen uno o más hidroxilos que también pueden incluir derivados funcionales. Además, estos compuestos incluyen ésteres, parabenos de alquilo y antioxidantes fenólicos. Los compuestos fenólicos simples por su parte, incluyen monofenoles, difenoles y trifenoles, tales como las flavonas, glucósidos, cumarinas y antraquinonas, y su mecanismo de acción, es alterar la membrana citoplasmática y provocar una lisis celular, además, de inhibir las proteínas de las células, lo que permite que estos mecanismos funcionen inhibiendo a los microorganismos (Martínez, 2012; Abad *et al.*, 2007). Además, Lincoln (2006), reporta que los polifenoles, poseen una estructura química para ejercer actividad antioxidante. Cada polifenol tiene cierta actividad antioxidante, y está dada por la suma de sus capacidades antioxidantes de cada uno de sus componentes, y por la interacción entre ellos, lo que permite que se puedan dar ciertos efectos sinérgicos o antagónicos (Abeyasinghe *et al.*, 2007).

Por otro lado, los autores Ignat *et al.* (2013), mencionan que los polifenoles pueden ser encontrados en todas las plantas, y actúan principalmente como protectores de rayos UV y contra patógenos, y que, además, estos juegan un papel muy importante en el desarrollo y en el crecimiento de las plantas. Por lo que también, han actuado como antioxidantes, y actúan de manera similar frente a las hormonas, tales como auxinas y citoquininas. Por su parte García (2007), menciona que los polifenoles también son responsables del correcto funcionamiento de las plantas, y que, además, pueden ser utilizados para tratar enfermedades cardiovasculares y en la prevención del cáncer.

Bioestimulantes

Un bioestimulante, es aquel que su naturaleza es muy diversa, y están involucradas sustancias y microorganismos. Cuyas sustancias pueden ser compuestos simples, o grupos de compuestos de origen natural cuya composición y componentes bioactivos no están totalmente caracterizados, más sin embargo, también es considerado como cualquier sustancia o microorganismos que es aplicado a las plantas con el objetivo de mejorar la eficiencia de la nutrición, tolerancia al estrés abiótico y a los rasgos de la calidad de los cultivos, independientemente de su contenido de nutrientes (Du jardín, 2015). Por otra parte, Yakhin *et al.* (2017), reportaron que los bioestimulantes pueden ser de origen sintéticos o naturales, y que están compuestos por sustancias tales como: hormonas vegetales, macro y micro nutrientes, aminoácidos, proteínas y microorganismos, por lo que estos se pueden definir por su composición y por su modo de acción en la planta.

Aplicación foliar de bioestimulantes

Actualmente y en los últimos años, se ha reportado por Zamudio *et al.* (2018), que el uso de bioestimulantes, se ha convertido en una estrategia dentro de los programas de fertilización, ya que resulta ser un complemento a la fertilización aplicada a los cultivos. En ese sentido, Martínez-Gutiérrez *et al.* (2022), mencionan que el uso de bioestimulantes aplicados de manera foliar, resultan

una alternativa óptima, en la fertilización complementaria del cultivo del maíz, y así lograr incrementos en la producción. En una investigación realizada por Ortíz *et al.* (2022), donde utilizaron como bioestimulantes aminoácidos libres, placobutrazol y extractos orgánicos, y que fueron aplicados foliarmente en un cultivo de frijol pinto Bill Z., lograron incrementos en la cantidad de vainas por planta y en el peso de los granos, así mismo lograron mitigar mediante el uso de estos bioestimulantes el efecto de las condiciones adversas como las altas temperaturas en la zona donde se realizó la investigación.

Compuestos biorreguladores

Un biorregulador es un compuesto de procedencia orgánico que promueve, inhibe o modifica procesos morfofisiológicos y fisiológicos de las plantas, cuando estos son aplicados en pequeñas cantidades (Camargo *et al.*, 2009). Cuesta y Mondaca (2014), mencionan que las formulaciones de los productos biorreguladores pueden contener uno o dos compuestos hormonales, y que su acción fisiológica en las plantas está claramente definida para cada evento o proceso fisiológico. Dentro de los principales compuestos que regulan los procesos metabólicos de las plantas se encuentran las hormonas vegetales, tales como auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido absísico, etileno, ácido salicílico, poliamidas, ácido jasmónico, brasinosteroides y estrigolactonas (Garay *et al.*, 2014).

Ácido giberélico (AG)

Las giberelinas son diterpenoides, las cuales se sintetizan generalmente en los mismos lugares de acción (Martins *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2015). Su síntesis involucra los plastidios, el retículo endoplasmático y el citosol de la célula, siendo este tipo de hormona sintetizada en la ruta del ácido mevalónico (Ghosh y Halder, 2018). La AG₃ es una de las giberelinas más comúnmente usada en el sector agrícola, por lo que se utilizan para la producción de uvas sin semilla, y para el aumento del tamaño de los frutos en cítricos y peras.

Se ha reportado por Salisbury y Ross (2000), que las giberelinas promueven el crecimiento celular, ya que incrementan la hidrólisis del almidón, fructanos y sacarosa, originando fructuosa y glucosa. Por lo que estas hexosas, contribuyen a la formación de la pared celular y disminuye el potencial hídrico de la célula, favoreciendo la entrada de agua y provocando la expansión de las células.

Además, Pérez de Camacaro *et al.* (2013), reportaron que al aplicar foliarmente AG en un cultivo de fresa, a una dosis de 0 a 40 mg L⁻¹ se logró un aumento en la producción de frutos por planta. Así como también, Parousii *et al.* (2002), reportaron que la aplicación de AG₃ a una concentración de 200 mg L⁻¹, provocó efectos adversos, incrementando la cantidad de frutos, pero presentando malformación y aborto de flores.

Ácido indolacético (AIA)

Es una auxina, que se puede encontrar en mayores concentraciones en zonas de crecimiento como los ápices del vástago o de la raíz (Jordan y Casaretto, 2006). Las auxinas se encuentran relacionadas con la elongación y la división celular, la diferenciación de tejidos y la respuesta a la luz (tropismos), además, está implicada en la disminución de la abscisión de los órganos, índice la formación de raíces adventicias e induce la diferenciación vascular, además participa en la estimulación de la dominancia apical (Vega *et al.*, 2016).

6 Bencilaminopurina (6-BAP)

El biorregulador 6 bencilaminopurina es un suplemento de citoquinina de primera generación, el cual promueve la división celular estableciendo flores y estimulando la riqueza de los frutos (Quimicompany, 2020). La citoquinina, se define como una sustancia que promueve la división celular y que ejerce otras funciones similares a la kinetina (Frébort *et al.*, 2011). Las citoquininas son sintetizadas en diferentes partes de las plantas como en las raíces, flores y hojas jóvenes (Hirose *et al.*, 2008). Además, inician el crecimiento de las yemas laterales de los cultivos (Taiz y Zeiger, 2002), así como también Davies *et al.*

(1995), mencionan que aumentan la actividad fotosintética, participan en la pérdida de dominancia apical y retrasan la senescencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio experimental

La presente investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, cuyas coordenadas de posición geográfica son: 25° 23' 42" LN y 100° 59' 57" LO, a una altitud de 1790 m. El cultivo se estableció en un invernadero tipo capilla de alta tecnología, durante el periodo verano–otoño 2021.

Material de estudio

El material vegetal utilizado fueron semillas de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) de la variedad comercial Cannon, cuyas características fueron: planta vigorosa, de poda mínima, madurez temprana, de frutos tipo blocky que maduran de color verde a color rojo, de pared gruesa y calibre grande (Ahern Seeds, 2021).

Siembra

Las semillas de pimiento morrón, se sembraron el primero de mayo de 2021 en una charola de poliestireno de 128 cavidades, el sustrato utilizado para la siembra fue una mezcla de peat moss y perlita (50/50%, v/v).

Preparación del sitio experimental

Los primeros días del mes de junio de 2021, se instaló en el invernadero un sistema de riego por goteo con un total de 128 goteros (piquetas), optimizando el riego automáticamente con un temporizador de riego electrónico; y se utilizaron 128 contenedores plásticos de 15 L de capacidad, el sustrato utilizado fue peat moss y perlita (50/50%, v/v), bajo un cultivo sin suelo. Previamente el sustrato fue homogéneamente revuelto y saturado con agua corriente hasta que alcanzara la humedad óptima para después comenzar a llenar con el sustrato los contenedores, la cantidad de sustrato utilizada por contenedor fue de 12 L.

Riego y fertilización

La solución nutritiva (SN) utilizada fue Steiner (1961), y se suministró a los cuatro días después del trasplante, lo que permitió que la raíz se estableciera, fueron diferentes niveles de fertilización aplicados, según su etapa fenológica del cultivo: 25 %, 50 %, 75 % y 100 %, esta solución fue ajustada a un pH de 6.0 - 6.5 con H_2SO_4 al 98% y H_3PO_4 al 85%, y con una conductividad eléctrica (CE) menor a 2.5 mS cm^{-1} . Los fertilizantes utilizados fueron, macronutrientes: 0.071 g L^{-1} de KNO_3 , 0.347 g L^{-1} de K_2SO_4 , 0.211 g L^{-1} de KH_2PO_4 , 1.06 g L^{-1} de $\text{Ca}(\text{NO}_2)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 0.487 g L^{-1} de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, y micronutrientes: 0.033 g L^{-1} de Ultrasol micro mix.

Las cantidades de agua aportadas fueron de acuerdo con las necesidades hídricas de la planta, y se permitió un drenado del 20 a 25 %. Se registró un pH de salida de agua de riego de 5.8, y una CE de salida de 3.0 mS cm^{-1} . Ya que una elevada CE en suelo de 3.3 mS cm^{-1} reduce hasta un 25 % de la producción y una CE de 3.4 mS cm^{-1} en agua reduce hasta un 50 % la cosecha (Moreno *et al.*, 2004). Además, se regaba con agua acidificada con pH de 6.0 – 6.5 para lavar el excedente de sales en la maceta, y prevenir la salinización del sustrato, ya que las sales acumuladas afectan el crecimiento de las raíces, y el pimiento es una planta sensible a la salinidad y alcalinidad.

Trasplante

El trasplante se efectuó el día 11 de junio (Figura 5), a los 42 días después de la siembra (DDS), cuando las plantas alcanzaron un tamaño promedio de 12 cm de altura y 5 hojas verdaderas bien desarrolladas y definidas. Antes de ser trasplantadas, se sumergieron en una solución fungicida de Tiabendazol (1 ml L^{-1}). Las macetas se distribuyeron a distancia de 50 cm entre plantas y 75 cm entre hileras.

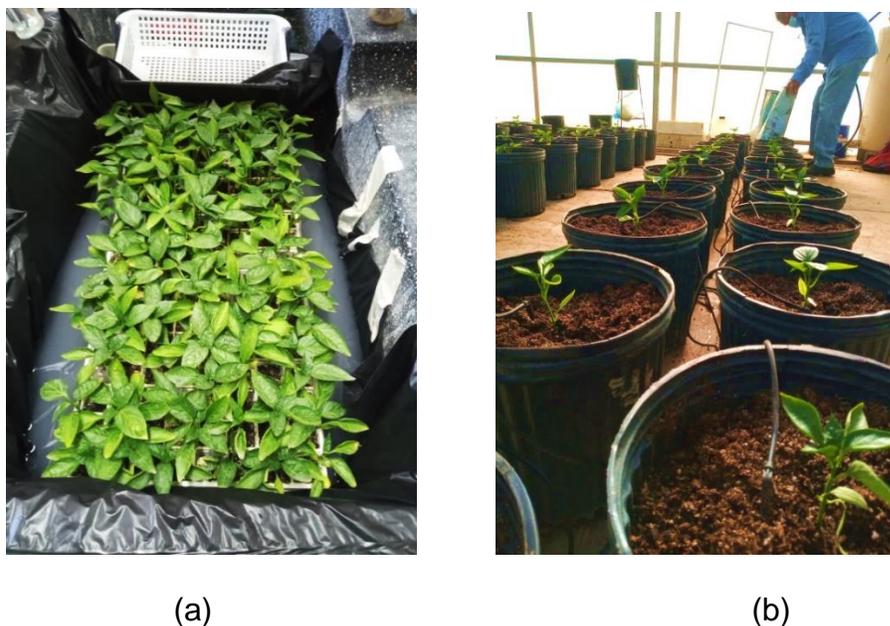


Figura 5. Tratamiento de plántulas de pimienta morrón (a) y trasplante en invernadero (b).

Tratamientos

Los tratamientos consistieron en cuatro extractos de plantas: *Rhus muelleri* (RM), *R. virens* (RV), *Flourensia microphylla* (FM) y *F. retinophylla* (FR); y tres biorreguladores: ácido giberélico (AG), ácido indolacético (AIA) y 6-bencilaminopurina (6-BAP); y un control (CTRL) (Cuadro 1).

Los extractos de las plantas fueron obtenidos siguiendo la técnica reportada por Ramírez *et al.* (2001). Las plantas fueron secadas en una estufa de secado (MAPSA HDT-18) y trituradas en un molino de cuchillas (WILY, 4, U.S.A.), y se tomaron 10 g de cada una, y se colocaron en un matraz erlenmeyer, agregando 500 mL de metanol al 80 % y se mantuvieron en congelación por 24 horas a -15 °C, filtrando después el extracto usando papel Whatman # 1, enseguida se adicionaron 500 mL de metanol al 100 % y se colocaron en congelación 4 horas a -15 °C, y se filtró nuevamente. Los filtrados obtenidos fueron mezclados en una parrilla magnética (CORNING, stirrer Multiple position 9 x 250 mL, U. K.), y fueron colocados en un rotavapor (Yamato Scientific Co., Ltd., Tokyo, Japan) para evaporarlos a una temperatura de 50 °C. Las muestras fueron purificadas

mediante cápsulas de sílica gel Sep Pack C 18 obteniendo el extracto final que fue probado en el experimento. Los extractos se prepararon a 75 mg L^{-1} , y para esto fue tomada la cantidad de 75 mg de extracto y diluido en 10 mL de metanol, colocados en una parrilla agitadora hasta asegurar la homogeneidad, se les agregó 1 mL L^{-1} de adherente bionex, y fueron aforadas a 1 L con agua destilada. Los biorreguladores también fueron preparados a una concentración de 75 mg L^{-1} , de la misma forma que los extractos. Las soluciones obtenidas se colocaron en atomizadores, y se aplicaron entre las 8:00 y 10:00 h, utilizando una barrera plástica para aislar la aplicación (Figura 6).

Cuadro 1. Tratamientos y fecha de aplicación en el cultivo de pimiento morrón.

Extractos	N° de aplicación	Fecha	DDT*	Etapas fenológicas
<i>Rhus muelleri</i>	1	11/06/2021	Trasplante	Vegetativa
<i>R. virens</i>	2	28/06/2021	17	2da. bifurcación
<i>Flourensia microphylla</i>	3	14/07/2021	33	Floración
<i>F. retinophylla</i>	4	27/07/2021	46	Floración/fructificación
	5	13/09/2021	94	Cosecha
Biorreguladores	N° de aplicación	Fecha	DDT	Etapas fenológicas
Ácido giberélico	1	11/06/2021	Trasplante	Vegetativa
Ácido indolacético	2	14/06/2021	33	Floración
6 Bencilaminopurina	3	27/07/2021	46	Floración/fructificación

*DDT: días después del trasplante.



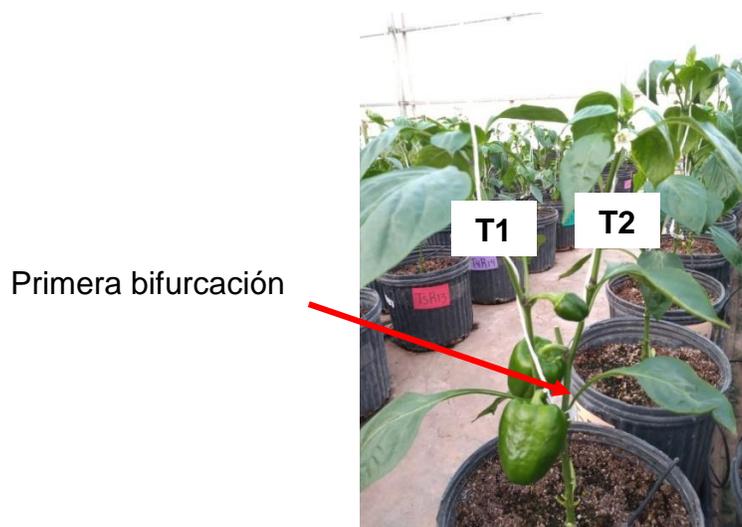
Figura 6. Aplicación foliar de extractos y biorreguladores.

Labores culturales

Para la **poda de formación y tutoreo** (Figura 7), las plantas fueron tutoradas a los 40 DDT bajo el sistema holandés o “V”, mediante la poda de formación de una de las ramas de cada bifurcación (excepto la primera), dejando una flor en cada horqueta como lo reporta Jovicich *et al.* (2005). Con este tipo de poda se busca un equilibrio de los azúcares de la fotosíntesis entre el crecimiento vegetativo y reproductivo, y la producción de un solo fruto por nudo, donde se bifurcan los tallos (Huevelink *et al.*, 2004). El sistema holandés manejado para el cultivo, permite que el ciclo dure de ocho a 10 meses del trasplante a la cosecha, incluyendo los 45 o 60 días que la plántula se desarrolla en el semillero, por lo que bajo este sistema se obtiene un ciclo de cultivo por año (Huevelink *et al.*, 2004).

En cuanto al **desbrote**, a lo largo del ciclo del cultivo se fueron eliminando los tallos interiores e inferiores, para así seguir favoreciendo el crecimiento a los tallos seleccionados para producción, además de que se permitió un mayor flujo de luminosidad y ventilación para las plantas. Para el **Deshojado**, Bárcenas (2006) menciona que es recomendable que se retiren las hojas senescentes con el objetivo de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, así como las hojas enfermas que se deben de retirar del invernadero, por lo que se monitoreó

cada planta del experimento para retirar este tipo de hojas, el deshoje se realizó al menos una vez por semana. El **aclareo de flores y frutos**, fue necesario la eliminación del primer fruto o floración que se formó en la primera cruz o bifurcación, para así concordar con Bárcenas, (2006) quien menciona que la finalidad de esta labor es la obtención de frutos de mayor calibre, uniformidad, precocidad y rendimiento. Para lograr una óptima **polinización**, fue necesario favorecer la polinización, con el movimiento de las plantas desde la antesis de las flores, ya que Chamú-Baranda *et al.* (2011) mencionan que para una óptima polinización la planta debe polinizarse alrededor de las 13.00 horas de cada día, pero con una temperatura ideal de 25 °C. Sin embargo, el aborto floral en el cultivo se observó frecuentemente, quizás debido a las variaciones de la temperatura en el interior del invernadero, pero fue observada muy baja la incidencia de abortos de frutos de pimiento morrón.



Nota: T1: tallo 1. T2: tallo 2.

Figura 7. Poda de formación a dos tallos en pimiento morrón.

Clima

Se registró la temperatura del invernadero diariamente (Figura 8), con un termómetro de mercurio marca Taylor[®], donde se registraban en una bitácora las temperaturas máximas y mínimas. La temperatura media del invernadero durante

el desarrollo del experimento que fue registrada, fue de 26.7 °C, la mínima de 18.0 °C y la máxima de 35.47 °C.

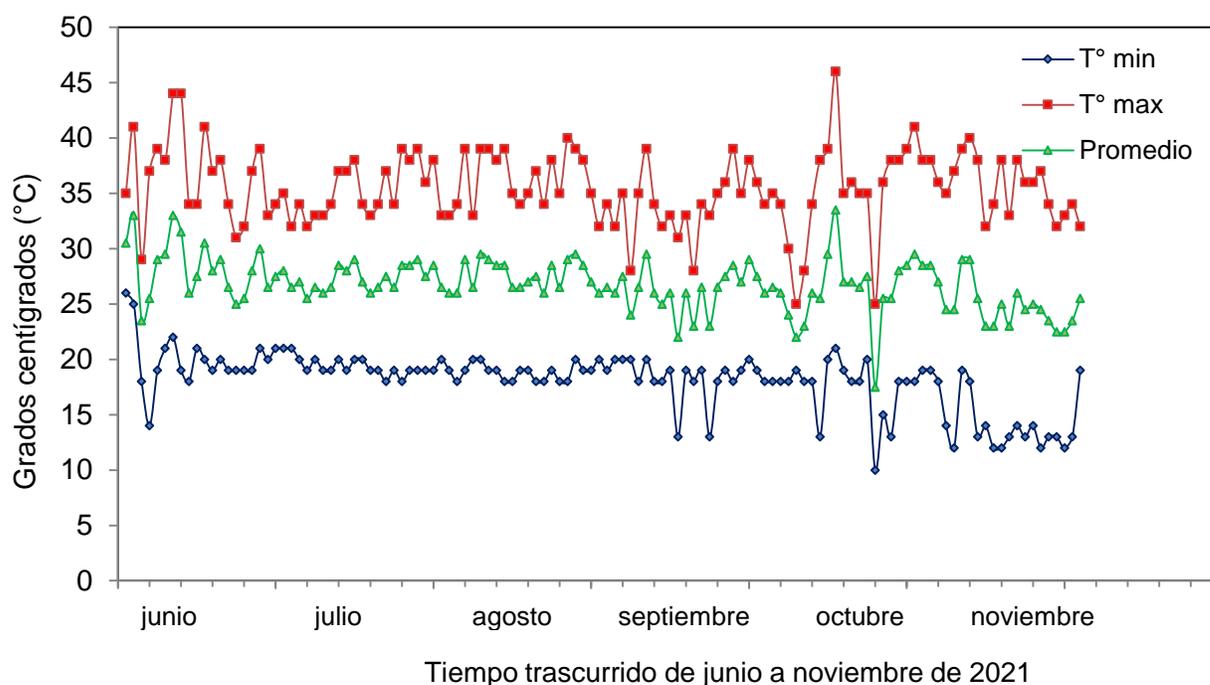


Figura 8. Registro diario de temperatura al interior del invernadero.

Control fitosanitario

La aplicación de los productos, se realizó en base al monitoreo del cultivo para la detección en tiempo oportuno de las plagas y enfermedades presentes en el cultivo (Cuadro 2). Todas las aplicaciones realizadas se hicieron en un horario después de las 19.00 horas del día y antes de las 8.00 horas del día, para evitar quemaduras por efecto de la radiación solar. Además, se colocaron trampas cromáticas color amarillo para el control de mosquita blanca (*Bemisia tabaci*).

Cuadro 2. Registro de aplicaciones para el control de plagas y enfermedades en pimiento morrón.

Nombre común de la plaga	Nombre científico	Nombre del Producto	Ingrediente activo (i.a.)	Dosis aplicada	Forma de aplicación
Pulgón	<i>(Aphis gossypii)</i>	Clorpirifos etil	Clorpirifos	1 ml L ⁻¹	Foliar
Mosca blanca	<i>(Bemisia tabaci)</i>	Clorpirifos etil	Clorpirifos	1 - 2 ml L ⁻¹	Foliar
		Danapyr 40 C.E.	Dimetoato	0.5 ml L ⁻¹	Foliar
		Evisec	Tiocyclam hidrogenoxalato	1.5 g L ⁻¹	Foliar
		Elegy	Cipermetrina	2 ml L ⁻¹	Foliar
		Axión	Jabón	1 ml L ⁻¹	Foliar
		Vel rosita Roma	Jabón Jabón	1 ml L ⁻¹ 1 g L ⁻¹	Foliar Foliar
Trips	<i>(Frankliniella occidentalis)</i>	Cipermetrina		1 ml L ⁻¹	Foliar
		Evisec		1.5 g L ⁻¹	Foliar
Enfermedades					
Seca o tristeza del chile	<i>(Phytophthora capsici)</i>	Mertect 340 F	Tiabendazol	1 ml L ⁻¹	Riego

Fisiopatías

Se presentaron algunas fisiopatías en los frutos de pimiento morrón, que fueron causadas principalmente por factores abióticos, como quemadura de sol o quemadura parcial del fruto (Figura 9), la cuál se observó en el mesocarpio del fruto parcialmente delgado y seco.



Figura 9. Quemadura o golpe de sol en fruto de pimiento morrón.

También, se presentó Blossom-end rot, o bien pudrición parcial de fruto por deficiencia de calcio, esto se dio debido a la presencia de días nublados, ya que el elemento calcio se mueve internamente por la planta por medio de la transpiración, lo cual afectó a la movilización del elemento. Para prevenir y controlar el Blossom-end rot fue necesario la aplicación de 1 g L^{-1} de nitrato de calcio ($\text{Ca} (\text{NO}_2)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) de forma foliar.

Cosecha

La cosecha se realizó haciendo uso de un cúter para cortar el pedúnculo del tallo (Figura 10), el primer corte de frutos se realizó a los 84 DDT, cuando los frutos alcanzaron una madurez comercial con al menos un 90% de pigmentación como lo marca la tabla de maduración propuesta por la empresa FreshMex (Figura 11), y se realizaron un total de 15 cortes (Cuadro 3; Figura 13). También se determinó en este experimento, que, para el material vegetal en estudio, la pigmentación del fruto de verde a rojo necesita un promedio de 15 a 20 días. Fernández *et al.* (2004), mencionan que la maduración de frutos se alcanza en 85 días en variedades precoces y hasta 107 días en tardías.



Figura 10. Corte correcto de fruto de pimiento morrón para su cosecha.



Figura 11. Tabla de porcentaje de maduración de pimiento morrón color rojo, anaranjado y amarillo.



Figura 12. Frutos de pimiento morrón en invernadero.

Cuadro 3. Registro de cosechas de frutos de pimiento morrón en el transcurso del experimento.

No. de cosecha	Fecha de cosecha	Total de frutos por cosecha
1	03-sep-21	32
2	13-sep-21	29
3	21-sep-21	69
4	29-sep-21	36
5	05-oct-21	16
6	08-oct-21	17
7	13-oct-21	20
8	19-oct-21	23
9	27-oct-21	41
10	01-nov-21	26
11	11-nov-21	30
12	18-nov-21	50
13	23-nov-21	56
14	02-dic-21	67
15	13-dic-21	46

*Se contemplan el número total de frutos por número de cosecha de los 8 tratamientos en el experimento.

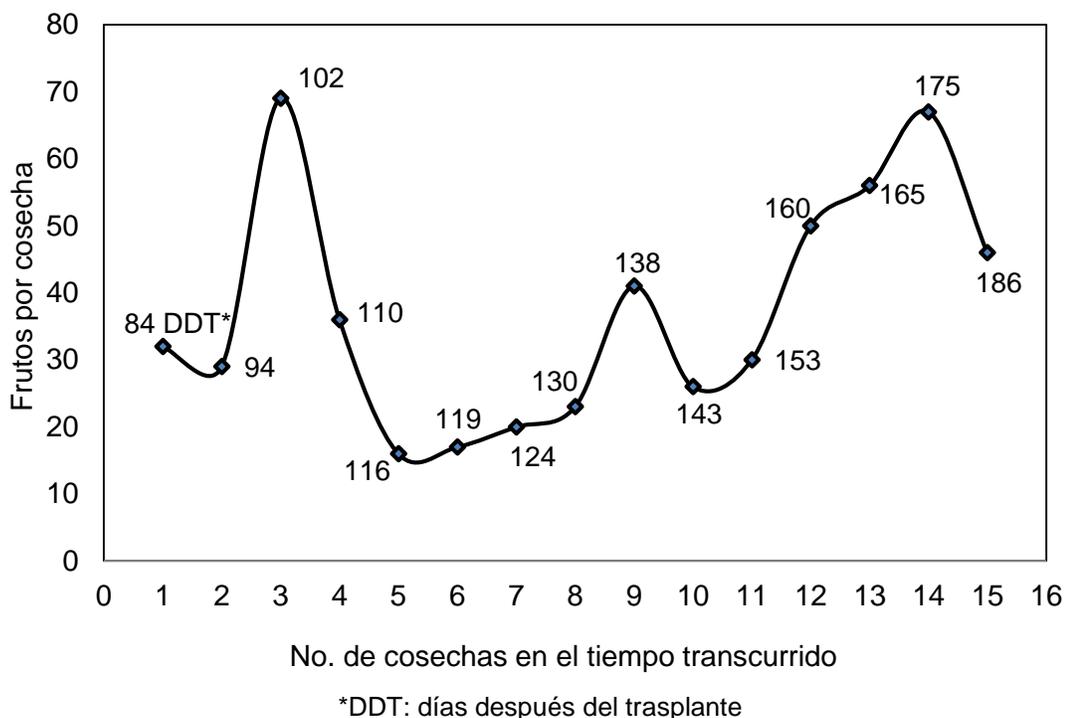


Figura 13. Frutos cosechados de los ocho tratamientos en el experimento en el tiempo transcurrido.

Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño completamente aleatorio, con ocho tratamientos y 12 repeticiones en cada tratamiento, lo que representan las unidades experimentales. Los datos obtenidos, se sometieron a un análisis de varianza (ANVA), con la prueba de comparación múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$), y se analizaron en el programa estadístico SAS (Statistical Analysis Systems) versión 9.0.

Variables a evaluar

Se tomaron datos de las variables de crecimiento: crecimiento longitudinal y diámetro de tallo cada 15 DDT, y las variables de rendimiento y calidad de fruto

se midieron al momento de la cosecha de los frutos (84 DDT), y al retiro del experimento (187 DDT).

Crecimiento longitudinal de tallo

Se midió desde la base del tallo de la planta hasta extremo del meristemo apical, cada 15 días después del trasplante, empleando un flexómetro, las unidades se expresaron en cm (Moreno-Pérez *et al.*, 2018).

Diámetro de tallo

Se empleó un vernier digital (Stainless Hardened), con el cuál se midió a 3 cm de altura de la base del tallo y hasta el meristemo apical, el diámetro se reportó en mm (Moreno-Pérez *et al.*, 2018).

Materia seca total de la planta (MST)

Las hojas, el tallo y la raíz, se secaron a 70 °C, en una estufa de secado (MAPSA HDT-18) por 72 horas, después se pesaron en una báscula digital (Mettler PC 2000), el peso se expresó en gramos (Sánchez del Castillo *et al.*, 2017).

Longitud de raíz

Para su determinación, se midió su longitud con un flexómetro, los resultados se expresaron en cm (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2020).

Volumen de raíz

Las raíces previamente se lavaron con agua corriente para retirar el exceso de sustrato, una vez limpias, se sumergieron en un vaso de precipitado graduado con un volumen conocido de agua, donde se tomó la diferencia del agua desplazada en la probeta, la medición se expresó en cm³ (Hernández-Montiel *et al.*, 2020).

Días a floración

Se contabilizó la primera floración (flor abierta) por planta, días después del trasplante como lo reportado por Moreno *et al.* (2011), y se obtuvo un promedio de los días transcurridos en las 12 plantas por tratamiento.

Número de hojas por planta

Se contabilizaron las hojas presentes en la planta cuando el experimento fue retirado a los 187 DDT.

Contenido de clorofila en hojas

Esta variable se evaluó a los 101 días después del trasplante, con un equipo SPAD, la medición se efectuó a las 13.00 horas del día con el sol en su punto máximo y con cielo despejado, se tomaron tres lecturas por planta de hojas jóvenes, obteniendo la media de tres lecturas y se reportó en unidades SPAD.

Número de frutos por planta

Para esta variable se contabilizó el número de frutos producidos y cosechados de cada planta evaluada (Moreno-Pérez *et al.*, 2018).

Peso fresco de fruto

Se cosecharon los frutos y se pesaron en una báscula digital (Mettler PC 2000), se cosecharon con al menos el 90% del color característico de la variedad, y se estimó entre el peso total de los frutos por planta dividido entre total de frutos por planta, el peso se reportó en g (Sánchez del Castillo *et al.*, 2017).

Rendimiento por planta

Se obtuvo de la suma total de los pesos de frutos cosechados por planta en cada corte realizado.

Diámetro longitudinal (DLF) y ecuatorial de fruto (DEF)

Estas variables se determinaron con un vernier digital marca (Stainless Hardened), y se tomaron dos medidas de largo y de ancho del fruto, posteriormente se obtuvo un promedio de las dos evaluaciones por variable por fruto para determinarlas, se reportó en mm (Figuroa *et al.*, 2015).

Volumen de fruto (VDF)

Esta variable se obtuvo por el método de la probeta, colocando un volumen conocido de agua, y después se vertió el chile y por el desplazamiento de agua se conoció el volumen o espacio ocupado de cada fruto, se reportó en cm³.

Número de lóbulos por fruto (NLF)

Para esta variable se contabilizaron los lóbulos del fruto solo observando, sin la necesidad de realizar cortes transversales en el fruto.

Peso seco de semillas por fruto (PSS)

Para la obtención de esta variable se llevo a cabo un corte transversal en los frutos, y una vez retiradas las semillas de la placenta, se colocaron en papel craft dejándolas secar por seis días, y se pesaron en una báscula digital analítica (AND HR-250AZ, 252 g / 0.1 mg), el peso se expresó en gramos (Jiménez *et al.*, 2018).

Número de semillas por fruto (NSF)

Para la obtención de esta variable se realizó un corte transversal en los frutos y se retiraron las semillas de la placenta, y se contaron las semillas por fruto (Jiménez *et al.*, 2018).

Firmeza de fruto

Se utilizó un penetrómetro (QA supplies, Norfolk, VA, USA), con puntilla de 11 mm de diámetro, donde se realizaron dos medidas opuestas en el eje ecuatorial, se presionó directo en el endocarpio del fruto, las mediciones se reportaron en kilogramos fuerza por centímetro cuadrado (kgf cm⁻²) (Sánchez *et al.*, 2015).

Grosor del pericarpio del fruto (GPF)

La variable se midió como lo reportado por Elizondo-Calbeceta y Monge-Pérez, (2017) utilizando un cúter, se realizó un corte transversal en la zona ecuatorial del fruto, y con el uso del calibrador vernier digital se midió el grosor de la pared en dos secciones, y se obtuvo el promedio, el resultado se reportó en mm.

Acidéz titulable

Esta variable se determinó siguiendo la técnica de la AOAC (1990), la cual consistió en obtener el jugo de la muestra de pimiento morrón rojo, el cuál se filtró el jugo a través de un embudo de filtración utilizando un filtro. Se tomó 10 mL de jugo y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 125 mL (se repitió este procedimiento 3 veces). Se añadió 4 gotas de fenolftaleína al 1% a cada muestra. Se colocó en una bureta un volumen conocido de NaOH 0.1N y se tituló hasta el punto de viraje (color rosa). Y finalmente se calculó el porcentaje de ácido presente en la muestra, con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de ácido} = \frac{\text{mL de NaOH gastados} * \text{N del NaOH} * \text{meq del ácido}}{\text{Alícuota valorada}} \times 100$$

Donde:

Meq, son los miliequivalentes del ácido que se encuentra en mayor proporción en la muestra: 0.064 para ácido cítrico, 0.067 para ácido málico y 0.075 para ácido tartárico.

Sólidos solubles totales (SST)

Se utilizó un refractómetro digital (ATAGO, Co. Ltd., Japan), para lo cual se presionó una porción del pericarpio del fruto hasta la obtención de 2-3 gotas de jugo sobre la superficie de medición del prisma. Los datos se reportaron en °Brix (Sánchez *et al.*, 2015).

Potencial hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica (CE) de la pulpa del fruto

Se realizó con un potenciómetro y conductivímetro Combo Hanna (Instruments Inc. Romania), primeramente, se molió la mitad de un fruto de pimiento, y se vertió el jugo de la molienda de la mitad de un fruto de pimiento, para su lectura, para la calibración del equipo se utilizó solución buffer (AOAC, 1990).

Capsaisinoides totales (capsaicina y dihidrocapsaicina) (CT)

El contenido de Capsaicina en fruto de pimiento morrón rojo, se determinó de acuerdo a las técnicas reportadas por Batchelor y Jones (2000), y Collins *et al.* (1995).

Contenido de fenoles totales (CFT)

El contenido de fenoles totales, fue determinado utilizando el método descrito por Ainsworth and Gillespie (2007), utilizando reactivo Folin-Ciocalteu. Primeramente se realizó una curva de calibración (ácido gálico). De la solución madre del estándar (ác. gálico 5 g L⁻¹), y se hicieron diversas diluciones:

Concentración (g/L)	Volumen (μL) Sln. madre	Volumen Etanol	Volumen Final
0	0	2000	2000
50	200	1800	2000
100	400	1600	2000
200	800	1200	2000
300	1200	800	2000
400	1600	400	2000
500	2000	0	2000

$$C1V1 = C2V2$$

Se colocó 125 μL de muestra (o curva) en un tubo de ensayo, el blanco se realizó con agua destilada (por triplicado). Se agregó 500 μL de agua destilada a cada tubo y se mezcló. Se agregó 125 μL del reactivo Folin-Ciocalteu, se agitó y se dejó reposar seis minutos. Después, se agregaron 1.25 mL de Na₂CO₃ 7.5 % y se agitó. Se añadió 1 mL de agua (se ajustó a 3 mL). Se dejó reposar 90 minutos

en total oscuridad. Y se leyó en un espectrofotómetro con una absorbancia a 760 nm.

Antocianinas

Esta variable se determinó por el método de la AOAC (1990), la cuál consistió en pesar 2.5 g de muestra de chile morrón rojo finamente picado, que se colocó en un vaso de precipitados de 50 mL, se agregó solución extractora de antocianinas (5 partes de metanol 85 % + una parte de HCl 3N) hasta cubrir la muestra. Se tapó con papel aluminio y se dejó reposar por 24 h en refrigeración. Después, se transfirió a un mortero y se trituró. Se filtró a través de una gasa y se recogió el filtrado en un matraz de aforación de 100 mL. Se lavó y maceró cuatro veces con 20 mL de solución extractora de antocianinas. Se recuperó el líquido en el matraz de aforación de 100 mL filtrando a través de la gasa. Se aforó la solución de antocianinas, y se colocó 4 mL de la muestra aforada en una celdilla para espectrofotómetro, donde se agregó 2 mL de peróxido de hidrógeno al 30 %, y se leyó la absorbancia, a una longitud de onda de 525 nm, utilizando como blanco 4 mL de la solución extractora de antocianinas y 2 mL de peróxido de hidrógeno. Y se calculó el contenido de antocianinas, mediante la siguiente fórmula:

$$mg \text{ de antocianinas} / 100 \text{ g de muestra} = \frac{50 * \%Abs}{0.405 * P}$$

Donde:

% Abs es la absorbancia leída y P es peso de la muestra.

Licopeno

Para la determinación de esta variable, se tomó una muestra de pimiento morrón rojo molido (0.25 g), homogenizado con 15 mL de una mezcla de hexano-acetona 3:2, se agitó durante 30 minutos para la extracción. Posteriormente se agregó agua destilada para separar los compuestos polares de la extracción, se mezcló, filtró y se tomó una alícuota de la parte orgánica para el análisis en HPLC. Este análisis se realizó a temperatura ambiente haciendo inyecciones de 5 µL en un equipo HPLC, marca Agilent 1200 de bomba cuaternaria, automuestreador y

columna analítica Zorbax Eclipse XDB-C18, 4.6 X 150 mm, 5 μ . La detección se hizo con luz visible a una longitud de onda de 472 nm, la fase móvil fue isocrática, 30 % de etanol y 70 % de metanol, a una velocidad de flujo de 1 mL min⁻¹. Los resultados se expresaron en miligramos de licopeno por 100 gramos de pimiento morrón (mg licopeno 100 g⁻¹ pimiento morrón), con base a la metodología reportada por Arias *et al.* (2000).

Vitamina C

Para esta variable se tomó una muestra de pimiento morrón molido para su cuantificación en cromatógrafo de líquidos (HPLC). Para vitamina C se preparó una solución de ácido fosfórico al 0.05 N y se le adicionaron 25 mL a 6 g de pimiento morrón, se homogenizó y se agitó por 30 minutos, después se centrifugó a 3000 rpm durante 10 minutos y se filtró por medio de un acrodisco de 0.22 μ m y se mantuvo en viales a 4 °C hasta su análisis en HPLC. Los resultados se expresaron en miligramos de vitamina C por 100 gramos de pimiento morrón (mg vitamina C 100 g⁻¹ de pimiento morrón), siguiendo la metodología reportada por Gutiérrez *et al.* (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento longitudinal y diámetro de tallo

Para la variable crecimiento longitudinal de tallo de las plantas evaluadas de pimiento morrón (Figura 14), estadísticamente se encontró una alta diferencia significativa ($p \leq 0.01$) entre tratamientos aplicados. A los 187 DDT, se identificó que el biorregulador AG (145.5 cm) presentó el mayor crecimiento, y con valores similares al de los extractos FR (119.3 cm) y RV (110.9 cm), además del biorregulador AIA (111.1 cm) y el CTRL (116.3 cm). Sin embargo, se identificó que los extractos RM, FM y el biorregulador 6-BAP presentaron el menor crecimiento longitudinal de tallo.

En cuanto al diámetro de tallo (Figura 15), se puede observar que la aplicación de los extractos en pimiento morrón, presentó una alta diferencia significativa ($p \leq 0.01$) entre los tratamientos evaluados a los 187 DDT, y se muestra que el biorregulador AIA (12.2 mm) alcanzó el mayor diámetro de tallo, siendo este resultado similar al de los extractos RV (10.0 mm) y FR (11.5 mm), y al de los biorreguladores AG (11.3 mm) y 6-BAP (10.3 mm) y el CTRL (10.5 mm). Mientras que los extractos RM (9.9 mm) y FM (9.6 mm) presentaron los valores más bajos de diámetro de tallo.

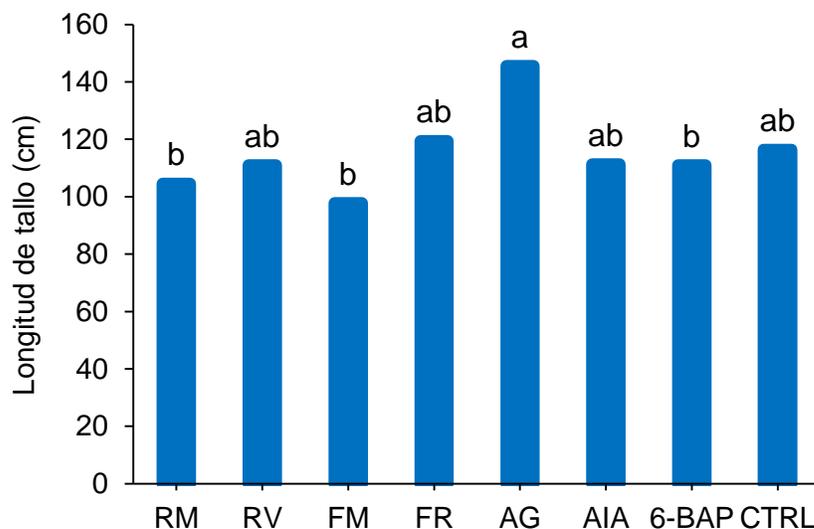


Figura 14. Crecimiento longitudinal de tallo a los 187 DDT. Cada punto representa la media de 12 repeticiones; representa diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$).

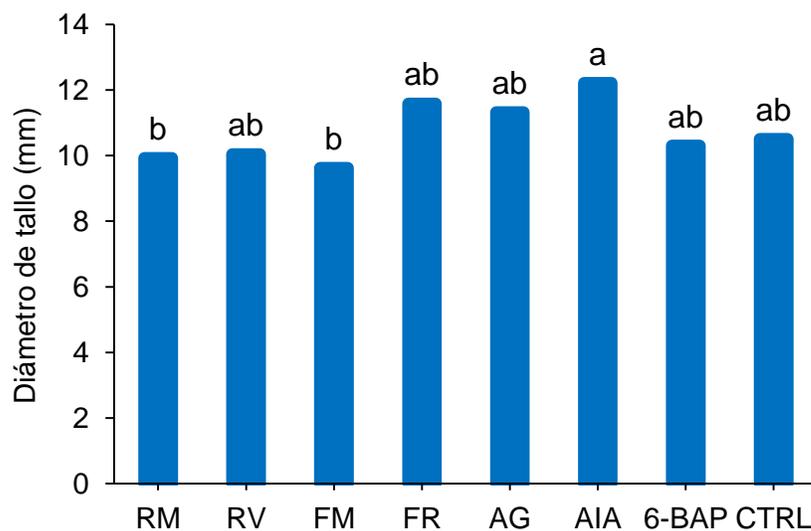


Figura 15. Crecimiento de diámetro de tallo a los 187 DDT. Cada punto representa la media de 12 repeticiones; representa diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$).

El mayor crecimiento de longitud y diámetro de tallo, fue obtenido por el extracto FR, que tuvo un comportamiento similar a los biorreguladores AG y AIA, que podría atribuirse al alto contenido de compuestos polifenólicos que poseen los

extractos (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2019), los cuales son compuestos bioactivos, que llevan a cabo una sinergia entre ellos, incrementando su capacidad antioxidante, además de su actividad potencial (), Mojzer *et al.* (2016), mencionaron que los polifenoles actúan como fitohormonas, y además se ha reportado que promueven el crecimiento, desarrollo y reproducción de las palantas (Asensi *et al.*, 2011), que actúan en el pimiento morrón de la misma forma que los biorreguladores AG y AIA (hormonas naturales), estimulando la longitud de tallo. Y así mismo, en el diámetro de tallo actúan como el 6-BAP, que favorece la división celular y el crecimiento (Vega *et al.*, 2016).

Se ha reportado que el AG promueve la división celular, y elongación de la biomasa en la planta (Srivastava and Srivastava, 2007). Ramírez *et al.* (2005) reportaron que la aplicación exógena de AG_{4/7} incrementó el crecimiento de tallo, lo cual está relacionado con la elongación de las células de los tejidos. Por otra parte, el AIA (auxina), también promueve división y elongación celular (Giovannoni, 2001; Gravel *et al.*, 2007). En el caso del 6-BAP (hormona sintética), es una citocinina que tiene su actividad biológica en la estimulación de la división celular en las plantas y retrasa el envejecimiento, además de participar en la iniciación de las yemas adventicias y la inhibición de la formación y el crecimiento de las raíces (Borkowska, 1976). Por lo tanto, los resultados del presente estudio, en cuanto al crecimiento, muestran que los extractos contienen una mezcla de flavonoides y ácidos fenólicos (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2023), llevan a cabo una actividad similar a las giberelinas, auxinas y citoquininas, que son compuestos puros.

Continuando con los extractos polifenólicos como bioestimulantes, Tanase *et al.* (2013) han reportado que el extracto de *Picea abies* estimuló el desarrollo de los explantes de *Lavándula angustifolia* Mill., incrementando el largo del tallo, lo cual coincide con los resultados de la presente investigación. En lo que concierne a otros bioestimulantes naturales, podemos mencionar que Reyes-Pérez *et al.* (2021), lograron promover la altura y diámetro de tallo de las plantas de pimiento morrón, siendo los ácidos húmicos los que presentaron el mayor efecto. Kumari

et al. (2011), reportaron que los extractos de *Sargassum johnstonii* aplicados como bioestimulantes en tomate incrementaron la altura y longitud de los brotes. Lo anterior confirma la importancia de la aplicación de los bioestimulantes en el crecimiento del cultivo de tomate, y que fue reportado también por Jasso de Rodríguez *et al.* (2020), al aplicar como bioestimulante el extracto de *Rhus muelleri*. En el presente estudio se demuestra que los extractos polifenólicos de FR y RV, incrementaron el crecimiento longitudinal y diámetro de tallo en el cultivo de pimiento morrón, lo cual es un hallazgo que se presenta por primera vez.

MTS (hojas, tallo y raíz; MST), longitud y volumen de raíz

El tratamiento AG, presentó el valor más alto de MST (Cuadro 4) (50.4 g), seguido de los extractos FR (41.9 g), RV (39.1 g) y RM (37.2 g), y el biorregulador AIA (40.8 g), además del control (42.5 g), que fueron estadísticamente iguales y similares a AG. El biorregulador 6-BAP y el extracto FM, fueron estadísticamente iguales con menores valores que los tratamientos mencionados anteriormente. En longitud de raíz no se presentaron diferencias entre los tratamientos. Para volumen de raíz se presentó diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$) entre tratamientos, el valor más alto correspondió al tratamiento AG (48.2 cm³), los extractos FR (41.1 cm³) y RV (40.3 cm³), y los biorreguladores AIA (30.3 cm³), 6-BAP (30.3 cm³), y el CTRL (39.3 cm³) fueron estadísticamente iguales y similares a AG. En cuanto a los extractos RM (28 cm³) y FM (26.8 cm³) fueron iguales entre sí, presentando el menor volumen de raíz.

Cuadro 4. Efecto de los extractos de plantas del semidesierto en variables agronómicas de pimiento morrón.

Tratamientos	MST* (g)	Long. de raíz (cm)	Vol. de raíz (cm ³)
RM	37.2 ab	48.9 a	28.0 b
RV	39.1 ab	56.2 a	40.3 ab
FM	29.8 b	52.9 a	26.8 b
FR	41.9 ab	49.7 a	41.1 ab
AG	50.4 a	46.5 a	48.2 a
AIA	40.8 ab	48.6 a	40.3 ab
6-BAP	34.3 b	45.7 a	30.3 ab
CTRL	42.5 ab	47.8 a	39.3 ab
$p < 0.05$	0.0016	0.5388	0.0077
CV (%)	20.46	19.88	30.43

*MST: materia seca total (hojas, tallo y raíz). *Valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0.05$). CV: coeficiente de variación.

Las aplicaciones de extractos vegetales metanólicos de FR, RV y RM, tuvieron un mayor efecto que el 6-BAP, en el peso de la materia seca total. Lo anterior concuerda con lo reportado por Sariñana-Aldaco *et al.* (2021), quienes, al aplicar extractos de algas en plántulas de tomate, encontraron un aumento en el contenido de materia fresca y seca total, al compararlo con el testigo. De la misma forma Kalaivanan y Venkatesalu (2012), al aplicar extractos de *Sargassum myriocystum* en dosis bajas como bioestimulante en plántulas de frijol, lograron incrementar el peso fresco y seco de las plántulas, así como la altura de plántula. Zanin *et al.* (2019) mencionan que los bioestimulantes, al ser absorbidos por las plantas solo una parte de los mismos, pueden modificar la forma activa del metabolismo vegetal. Por lo que el uso de estos extractos vegetales, muestra similitud al uso de AG y auxinas como el AIA, ya que Pichardo-González *et al.* (2018), mencionan que al aplicarse GA₃ en plantas de jalapeño, obtuvieron valores mayores en el peso seco total de la planta. Así mismo, las aplicaciones exógenas de auxinas en chile, mostraron que el 58 % de la materia seca total fue distribuida hacia el crecimiento de la planta, y el resto hacia los frutos según Heuvelink y Körner (2001). Por su parte Leite *et al.* (2003) y Emongor

(2007), reportaron que aplicaciones de giberelinas aumentaron la materia seca de *Glycine max* y *V. unguiculata*, mientras que las citoquininas no mostraron ningún efecto en la soya. Lo anterior se relaciona con los resultados obtenidos en el presente estudio en cuanto al efecto del 6-BAP, en la acumulación de materia seca total. Además, Reyes-Pérez *et al.* (2021), reportaron que el uso de bioestimulantes (ácidos húmicos, quitasano y hongos micorrízicos), mejoraron el contenido de biomasa fresca y seca de pimiento morrón en condiciones protegidas. Por lo anterior en el presente estudio podemos atribuir el incremento de materia seca de pimiento morrón, a los extractos polifenólicos de los extractos evaluados, que actúan como bioestimulantes (Ignat *et al.*, 2013 y Tanase *et al.*, 2013).

Ignat *et al.* (2013), reportaron que el uso de extractos de espino, corteza de abeto y semilla de uva, presentaron efecto inhibitorio sobre la elongación de brotes y raicillas de frijol (*Phaseolus vulgaris*), en altas concentraciones, sin embargo, mencionaron que los usos de bajas concentraciones de los extractos mejoraron el crecimiento de los tallos, raíces y ramificaciones de las plántulas. Para el volumen de raíz (Cuadro 4), Ignat *et al.* (2013), mencionaron que la acumulación de biomasa en raíces, se estimuló con la aplicación de extractos polifenólicos a bajas concentraciones.

Días a floración, número de hojas y contenido de clorofila en hojas.

El análisis de varianza realizado para la variable días a floración (Cuadro 5), muestra que existe una alta diferencia significativa ($p \leq 0.01$), entre tratamientos, posicionando al AG como el tratamiento que en promedio tarda hasta un total de 34.8 DDT en aparecer su primera floración, en cuanto a los extractos, y biorreguladores, tienen un promedio entre sí de 28 DDT para que florezcan, lo que los hace más precoces. Para las variables número de hojas por planta y contenido de clorofila en hojas, los análisis estadísticos mostraron que no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados, por lo que las aplicaciones de extractos y biorreguladores no influyeron en estas variables de respuesta.

Cuadro 5. Efecto de los extractos de plantas del semidesierto en variables agronómicas de pimiento morrón.

Tratamientos	DAF* (DDT)	NH*	CCH* (Unidades SPAD)
RM	26.8 a ⁺	31.2 a	65.5 a
RV	26.8 a	29.1 a	65.8 a
FM	27.6 a	26.7 a	67.4 a
FR	27.7 a	33.8 a	64.4 a
AG	34.8 b	25.8 a	64.6 a
AIA	29.9 a	30.8 a	62.2 a
6-BAP	27.8 a	31.4 a	66.0 a
CTRL	29.3 a	32.8 a	65.3 a
$p < 0.05$	0.0001	0.3379	0.6884
CV (%)	14.37	22.80	7.9

*DAF: días a floración (días después del trasplante). *NH: número de hojas.

*CCH: contenido de clorofila en hojas. *Valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0.05$). CV: coeficiente de variación.

En cuanto a la variable días a floración, Fernández *et al.* (2004), mencionan que el periodo de floración en pimiento morrón oscila dentro de los 70 y 93 días, y la maduración de los frutos se logra a los 85 días en variedades precoces y 107 días en variedades tardías, no obstante, en el experimento se realizó la cosecha a los 84 días después del trasplante, confirmando que la variedad Cannon utilizada en esta investigación es una variedad precoz. Además, se observó que para los cuatro extractos evaluados y los biorreguladores AIA y 6-BAP, florecieron en menos de los primeros 30 DDT, como lo indica Moreno *et al.* (2001), quienes al evaluar diferentes híbridos de pimiento morrón identificaron que variedades como: Diego, Cyrus, Itzel, Cadia, Conan, Moonset, Gandal, Magno, Giacomo y Triple 4, florecieron alrededor de los 30 días. Sin embargo, el biorregulador AG, tardó más de 30 días en florecer (34.8 días), y que en comparación con los extractos RM y RV, hubo una diferencia de ocho días, más de una semana, lo que indica que estos extractos polifenólicos se les puede atribuir la precocidad en la floración del pimiento morrón, adelantando las cosechas de los frutos así adelantar la cosecha de los frutos.

En el presente estudio el número de hojas no tuvo diferencia, sin embargo, el extracto de FR obtuvo 8 hojas más que el biorregulador AG en un rango de 25.8 a 33. Hojas por planta, tanto extractos como biorreguladores, evaluados a los 187 DDR. Para el contenido de clorofila en hojas, se observó que los valores obtenidos de extractos y biorreguladores fueron iguales, oscilando entre 62.2 y 67.4 unidades SPAD.

Variables de rendimiento

En el número de frutos no hubo diferencia significativa (Cuadro 6), variando de 5.0 a 7.4 frutos planta⁻¹, para el CTRL y FR. En cuanto a peso de fruto, se presentó diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$) entre tratamientos, el extracto de FR presentó el mayor peso de fruto (212.9 g), además de RV (192.6 g). En el rendimiento por planta, el extracto FR tuvo la mayor estimulación de todos los tratamientos con 1.58 kg planta⁻¹, seguido del tratamiento RV (1.28 kg planta⁻¹) y de RM (1.22 kg planta⁻¹), los biorreguladores y CTRL tuvieron rendimientos más bajos. Los rendimientos estimados para el extracto de FR en kg m⁻² y t ha⁻¹, fueron de 9.47 y 94.66, respectivamente.

Cuadro 6. Efecto de los extractos de plantas del semidesierto en variables de rendimiento en pimienta morrón.

Tratamientos	NFP*	PFF* (g)	Rendimiento (kg planta ⁻¹)
RM	6.4 a ⁺	190.4 b	1.2 bc
RV	6.6 a	192.6 ab	1.2 b
FM	5.8 a	190.0 b	1.1 cde
FR	7.4 a	212.9 a	1.5 a
AG	6.4 a	186.3 b	1.1 bcd
AIA	5.9 a	187.2 b	1.1 cde
6-BAP	5.6 a	190.4 b	1.0 de
CTRL	5.0 a	196.8 ab	0.9 e
$p < 0.05$	0.1671	0.0059	0.0001
CV %	33.1	8.71	8.76

*NFP: número de frutos por planta. *PFF: peso fresco de fruto. ⁺Valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0.05$). CV: coeficiente de variación.

Marcelis *et al.* (2004), quienes mencionaron que situaciones de estrés, como cambios de luz, temperatura, déficit de presión de vapor, competencia por asimilados y relaciones de dominancia entre frutos por efectos hormonales, provocan aborto floral y de frutos en pimiento morrón. En el experimento, se reportaron temperaturas superiores a los 35 °C durante los meses de junio a agosto (Figura 8) (60 días), durante las etapas vegetativa, de floración y fructificación. Por lo que se puede confirmar que los polifenoles, fortalecen a las plantas en condiciones de estrés, y observando los resultados de FR, que fue el extracto que sobresalió en rendimiento, conociendo que las plantas a temperaturas superiores a los 30 °C, bajan la calidad y el rendimiento de fruto (SADER, 2019).

El extracto de FR estimuló un mayor peso fresco y rendimiento de frutos por planta (Cuadro 6), lo que concuerda con lo reportado por Jasso de Rodríguez *et al.* (2020), quienes aplicaron un extracto de RM como inductor de crecimiento en tomate, además en peso y número de frutos por planta. Los resultados del presente estudio muestran que FR tiene la capacidad de bioestimular un mayor rendimiento en el cultivo de pimiento morrón. Los resultados obtenidos en el presente estudio han demostrado que el extracto de FR en particular, presentó un efecto bioestimulante en pimiento morrón, más alto que el de los tres biorreguladores evaluados.

En el Protocolo de Calidad (2013), se estableció una clasificación de los tamaños de pimiento morrón en cuanto al peso de fruto: pimientos pequeños, hasta 80 g; pimientos medianos, de 80 a 150 g; pimientos grandes, de 150 hasta 210 g, y pimientos extra grandes, con peso mayor a 210 g. En el presente estudio, y en base a la categorización mencionada, los pesos de los frutos del tratamiento de FR son considerados pimientos extra grandes. Por otra parte, los frutos de los tratamientos de los demás extractos evaluados y biorreguladores, están en el rango de pimientos grandes.

En el cultivo de pimiento morrón, las plantas con el tratamiento de FR presentaron el más alto rendimiento con 1.58 kg planta⁻¹ (Cuadro 6), superando a extractos y

biorreguladores. Estos resultados son muy interesantes, debido a que FR es un extracto integrado por diferentes compuestos como flavonoides y ácidos fenólicos, mientras que los biorreguladores son a base de compuestos hormonales naturales o sintéticos, y cuyas formulaciones pueden tener uno o dos compuestos hormonales, cuya acción fisiológica está determinada para cada evento o proceso, y pueden promover, inhibir o modificar un proceso morfofisiológico en la planta (Camargo *et al.*, 2009). Lo anterior nos muestra que los extractos son compuestos que requieren un proceso más simple de obtención comparado con los biorreguladores comerciales. Así mismo, los compuestos fenólicos destacan por poseer una actividad antioxidante, y su interacción entre ellos, los hace que puedan presentarse efectos sinérgicos (Kaur y Kapoor, 2001).

Por su parte, Martínez *et al.* (2013), observaron incrementos en el rendimiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L.), al aplicar dosis crecientes del bioestimulante FitoMas-E. Ahmad *et al.*, (2018), también reportaron que los bioestimulantes y reguladores de crecimiento, incrementaron el rendimiento y calidad en postcosecha de diferentes cultivos hortícolas. Además, Reyes-Pérez *et al.* (2021), mencionaron que la aplicación de ácidos húmicos como bioestimulantes en pimiento morrón, presentaron el mayor rendimiento con 29.16 Mg ha⁻¹, y el control presentó el menor rendimiento. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el presente estudio.

En cuanto al uso de los biorreguladores, Abd y Faten (2009), mencionaron que las giberelinas a una concentración de 25 mg L⁻¹, produjeron un mayor rendimiento en chile pimiento, producido en campo abierto. Este efecto no se observó en el presente estudio, ya que el rendimiento obtenido por el tratamiento de AG, fue inferior al del tratamiento de FR, por lo que en este estudio se demostró que el extracto FR incrementó en un 38 % el rendimiento por planta con respecto al CTRL, y tuvo incrementos significativos de 24.68, 27.22 y 31.65 % para AG, AIA y 6-BAP, respectivamente. Wadas y Dziugiel (2020), reportaron que los extractos de algas en el cultivo de papa, lograron producir mejores resultados, en una estación de crecimiento cálida y muy húmeda, por lo que

efectivamente, los extractos en general pueden mantener a las plantas en buenas condiciones cuando en el lugar de crecimiento es inestable. Por otro lado, la drástica reducción en el rendimiento causada por las giberelinas, puede estar relacionado con una competencia con el crecimiento vegetativo, como lo que se observó en la altura de tallo (Ramírez *et al.*, 2016).

Variables de calidad de fruto

Para el diámetro longitudinal (Cuadro 7), se observó que los extractos RM (88.4 mm), RV (86.2 mm) y FR (87.2), fueron estadísticamente iguales y presentaron valores más altos que el extracto de FM (83.3 mm) y el biorregulador 6-BAP, que fueron estadísticamente iguales, los biorreguladores AIA y AG, tuvieron los menores valores de diámetro longitudinal con 79.4 y 74.8 mm, respectivamente. Para el diámetro ecuatorial (Cuadro 7), los extractos RM y FR presentaron los valores más altos, con 88.62 y 87.05 mm respectivamente. Además, los extractos de RV (84.3 mm) y FM (83.3 mm), así como los biorreguladores AIA (79.4 mm) y 6-BAP (82.7 mm) tuvieron valores estadísticamente iguales, y el AG fue el que presentó el menor valor con 74.8 mm.

En relación a la variable volumen de fruto (Cuadro 7), los resultados mostraron diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$) entre tratamientos. Los extractos RM (345.7 cm^3), RV (363.5 cm^3), FM (378.57 cm^3) y FR (404.29 cm^3), presentaron los valores más altos y fueron estadísticamente iguales entre ellos y con el biorregulador 6-BAP (378.5 cm^3). El biorregulador AG presentó el valor más bajo con 262.8 cm^3 . Para la variable número de lóbulos por fruto (Cuadro 7), no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados, todos los tratamientos se comportaron de la misma manera. Por lo que respecta al peso seco de semillas por fruto (Cuadro 7), el extracto de FR y el biorregulador AIA presentaron el valor más alto (1.3 g). En cuanto al número de semillas por fruto, tampoco se observaron diferencias estadísticas, aunque es importante mencionar que el extracto de FR obtuvo 198.1 semillas por fruto, mientras que AG, 92 semillas por fruto.

Cuadro 7. Efectos de los extractos de plantas del semidesierto en variables de calidad de fruto en pimiento morrón.

Tratamientos	DLF* (mm)	DEF* (mm)	VDF* (cm ³)	NLF*	PSSF* (g fruto ⁻¹)	NSF*
RM	88.4 ab ⁺	88.6 a	345.7 a	3.3 a	1.1 ab	160.7 ab
RV	86.2 ab	84.3 ab	363.5 a	3.6 a	1.1 ab	143.0 ab
FM	83.3 abc	83.2 ab	378.5 a	3.4 a	1.1 ab	144.2 ab
FR	87.2 ab	87.0 a	404.2 a	3.6 a	1.3 a	198.1 a
AG	74.8 c	74.8 b	262.8 b	3.0 a	0.5 b	92.0 b
AIA	79.4 bc	79.4 ab	327.8 ab	3.4 a	1.3 a	157.7 ab
6-BAP	82.7 abc	82.7 ab	378.5 a	3.6 a	1.0 ab	160.0 ab
CTRL	91.0 a	88.7 a	370.00 a	3.3 a	0.9 ab	131.6 ab
<i>p</i> < 0.05	0.0004	0.0050	0.0001	0.1684	0.0094	0.1273
CV %	11.32	12.09	19.97	16.27	49.71	56.73

*DLF: diámetro longitudinal de fruto. *DEF: diámetro ecuatorial de fruto. *VDF: volumen de fruto. *NLF: número de lóbulos por fruto. *PPS: peso seco de semillas por fruto. *NSF: número de semillas por fruto. ⁺Valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0.05$). CV: coeficiente de variación.

En general se puede decir que en relación al diámetro longitudinal de fruto, los extractos del semidesierto RM, RV, FM y FR, presentaron mejores efectos que los biorreguladores AG y AIA, y en el caso del diámetro ecuatorial de fruto, los extractos de FR y RM fueron más efectivos que los tres biorreguladores evaluados, lo cual podría atribuirse a la clase de compuestos polifenólicos que contiene estos extractos (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2023). Además, podemos señalar que los frutos de pimiento morrón cosechados en la presente investigación, cumplen con los estándares de calidad, por los DLF y DEF, en base a lo reportado en el informe de México Calidad Suprema (2005).

Por otra parte, Alarcón-Zayas *et al.* (2018), reportaron incrementos en el diámetro de fruto de tomate, al aplicar ácidos húmicos como bioestimulantes. También Reyes-Pérez *et al.* (2018), al aplicar Quitomax® en tomate observaron incrementos en el diámetro ecuatorial y polar, debido a los naturaleza de los

compuestos que contienen. Lo anterior confirma que los extractos del semidesierto funcionan como bioestimulantes de la calidad en pimiento morrón.

Para volumen de fruto, Pérez *et al.* (2004), reportaron en Chile manzano que, entre el volumen y el peso de fruto, se considera al tamaño del fruto como el componente más importante para el rendimiento. En el presente estudio todos los extractos del semidesierto presentaron resultados mayores al AG, similares al AIA e iguales al 6-BAP. Lo anterior se atribuye, a que los extractos polifenólicos intervienen en los procesos fisiológicos de las plantas, bioestimulando, el crecimiento, desarrollo y calidad de las plantas, actuando de manera similar que las auxinas.

El extracto de FR, que presentó el mayor PSS, pudo haber influido en el incremento del volumen de fruto, por la gran cantidad de semillas que desarrolló, lo cual podría atribuirse a los compuestos polifenólicos del extracto (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2023). Por lo que, estos resultados obtenidos en la presente investigación concuerdan con Pineda (2000), quien menciona que el tamaño final del fruto, está correlacionado con el número de semillas y de lóbulos, los que se ven influenciados por la cantidad de asimilados provenientes de las hojas. Para el número de lóbulos por fruto, es una variable importante ya que de acuerdo a Jiménez *et al.* (2007), el mercado internacional, desea y demanda que el pimiento morrón presente una forma cuadrada o rectangular, de color rojo, amarillo y anaranjado, y presente cuatro lóbulos.

El número de semillas por fruto, que se observó en el experimento, demostró que las aplicaciones del extracto de FR, resultó con el mayor número de semillas por fruto, lo que puede atribuirse a los altos contenidos de compuestos polifenólicos del extracto que lo integran (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2015), además, puede ser una opción viable la aplicación de FR para obtener frutos con mayor número de semillas. Los resultados obtenidos en la presente investigación, son similares a lo encontrado por Fribourg (2017), quien aplicó foliarmente Biozyme® en el cultivo de ají escabeche, y cuyo producto es un regulador de crecimiento a base de auxinas, giberelinas y citoquininas (trihormonal), en donde con cinco

aplicaciones realizadas se obtuvieron 143 semillas por fruto, que con respecto al testigo solo presentó 114 semillas, más sin embargo, esta cantidad de semillas encontrada, está por debajo de los valores reportados en el presente estudio.

Variables de calidad de fruto

En la variable firmeza de la pulpa y grosor del mesocarpio del fruto, no se encontró diferencia estadística ($p \leq 0.05$), los extractos y biorreguladores mostraron el mismo efecto (Cuadro 8). Para acidez titulable, los biorreguladores AG, AIA y 6-BAP, además del control, tuvieron valores superiores a las aplicaciones de los cuatro extractos evaluados. En cuanto a la variable sólidos solubles totales, el extracto de RM fue el que presentó el mayor contenido de azúcares (8.61 °Bx), comparado con las aplicaciones de los biorreguladores AIA (7.01 °Bx) y 6-BAP (7.37 °Bx). Así mismo, es importante mencionar que también los extractos RV, FM y FR, y el biorregulador AG tienen resultados similares que RM.

Cuadro 8. Efecto de los extractos de plantas del semidesierto en variables de calidad de fruto en pimiento morrón.

Tratamientos	Firmeza (kgf cm ⁻²)	GPF* (mm)	Ac. Tit.* (%)	SST* (°Brix)
RM	7.4 a ⁺	8.7 a	0.526 c	8.6 a
RV	6.6 a	8.7 a	0.494 c	8.1 ab
FM	7.3 a	8.4 a	0.526 c	8.2 ab
FR	7.4 a	8.1 a	0.542 bc	8.1 ab
AG	7.4 a	8.0 a	0.786 a	7.6 abc
AIA	7.0 a	8.3 a	0.712 ab	7.0 c
6-BAP	6.9 a	7.9 a	0.720 a	7.3 bc
CTRL	7.2 a	8.1 a	0.656 abc	7.4 bc
$p < 0.05$	0.7854	0.0601	0.0001	0.0001
CV %	22.08	9.41	17.76	11.59

*GMF: grosor del pericarpio del fruto. *Ac. Tit: acidez titulable. *SST: sólidos solubles totales. ⁺Valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0.05$). CV: coeficiente de variación.

En relación a la acidez titulable, la acidez es un factor fundamental que afecta el sabor del fruto, lo cual podría atribuirse a los diferentes ácidos orgánicos libres que lo componen, de los cuales el ácido málico es el más abundante (Ruiz-Altisent y Valero-Ubierna, 2000).

En cuanto sólidos solubles totales, el extracto de RM, incrementó los valores de SST en frutos de pimiento morrón. Batista-Silva *et al.* (2018) y Kader (2002), reportaron que los SST incluyen principalmente azúcares, así como ácidos orgánicos, pectinas y aminoácidos, variando su concentración según el estado de desarrollo de los frutos, y que los azúcares incrementan durante la maduración. En el presente estudio el extracto de RM fue el que obtuvo la mayor concentración de SST, siendo superior a la de los biorreguladores. El efecto del extracto podría estar asociado a la actividad bioestimulante de los componentes químicos del mismo, así como a la posible participación de estos compuestos en la hidrólisis del almidón, incrementando así el contenido de SST (Mejía *et al.*, 2009), por lo cual este extracto representa una alternativa para aumentar la calidad del pimiento morrón dulce (Franke *et al.*, 2004).

Variables de calidad de fruto

Para la variable pH de la pulpa del fruto (Cuadro 9), no se encontró diferencia estadística significativa. Para conductividad eléctrica de la pulpa, si se observó alta diferencia significativa ($p \leq 0.01$), obteniendo los biorreguladores AG y 6-BAP, los más altos valores, similares a los extractos de RM, RV, FM y FR. Para capsaisinoides totales (capsaicina y dihidrocapsaicina) (Cuadro 9), los análisis realizados mostraron alta diferencia significativa ($p \leq 0.01$), posicionando al AG con el valor más alto, con valor similar al de los cuatro extractos.

Cuadro 9. Efecto de los extractos de plantas del semidesierto en variables de calidad de fruto en pimiento morrón.

Tratamientos	pH*	CE* (dS/m)	CT* (mg g ⁻¹)
RM	4.9 a ⁺	4.1 ab	0.106 ab
RV	5.0 a	4.4 ab	0.048 ab
FM	5.1 a	4.1 ab	0.071 ab
FR	4.9 a	4.2 ab	0.104 ab
AG	5.0 a	4.5 a	0.128 a
AIA	5.0 a	4.0 ab	0.028 b
6-BAP	5.0 a	4.5 a	0.042 ab
CTRL	5.1 a	3.9 b	0.029 b
<i>Pr > F</i>	0.6641	0.0089	0.0072
C.V.	3.77	8.24	89.08

*pHP: potencial hidrógeno de la pulpa. *CEP: conductividad eléctrica de la pulpa. CT: capsaisinoides totales. ⁺Valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0.05$). CV: coeficiente de variación.

El pH de la pulpa de las frutas, es una característica importante para la postcosecha, en cuanto a la maduración, ya que un aumento de la madurez de los frutos disminuye el pH, por lo tanto, el pH de la pulpa podría ser utilizado como un índice de maduración de los frutos (HANNA INSTRUMENTS, 2017).

Alwis y Mitchell (1989), mencionan que la conductividad eléctrica de diversos productos agroalimentarios, se emplea como técnica para poder determinar los diferentes parámetros, tales como el contenido de humedad, capacidad de germinación de las semillas, y o la resistencia de los frutos a las heladas.

Sánchez-Escalante *et al.* (2013), reportaron que, para pimiento morrón, la capsaicina no es de suma importancia, pero sí está presente en los frutos en muy pequeñas cantidades, y está relacionada con la actividad de la peroxidasa (Gnayfeed *et al.*, 2001). Los extractos aplicados en pimiento morrón, produjeron mayor cantidad de capsaisinoides totales, que el biorregulador AIA y al CTRL, estos resultados son similares a lo reportado por Akladius y Mohamen (2018), quienes concluyeron que los capsaisinoides incrementaron con respecto al

control, al utilizar ácidos húmicos, por lo que los bioestimulantes tienen la capacidad de incrementar los capsaisinoides totales.

Variables de calidad de fruto

Respecto al contenido de fenoles totales (Cuadro 10), los frutos tratados con extractos presentaron valores similares al 6-BAP, y menores que AG, AIA y el CTRL. En relación al contenido de antocianinas (Cuadro 10), se observó en general, que los frutos tratados con extractos presentaron contenidos mayores que los tratados con los biorreguladores AG y AIA. Por otra parte, en el contenido de licopeno (Cuadro 10), se muestra que con el extracto de FR, los frutos presentaron un valor superior al de los RM, RV y FM, con valores similares a los tratados con AIA, 6-BAP, pero inferior al AG. Además, el mayor contenido de vitamina C (Cuadro 10), se observó con el extracto de FM, seguido de FR, con un valor similar al de los tratados con 6-BAP.

Cuadro 10. Efecto de los extractos de plantas del semidesierto en variables de calidad de fruto en pimiento morrón.

Tratamientos	CTF*	Antocianinas (mg 100 g ⁻¹)	Licopeno (mg 100 g ⁻¹)	Vit. C* (mg 100 g ⁻¹)
	(mg EAG*100 g PS)			
RM	14.5 b ⁺	8.3 ab	3.9 b	43.2 c
RV	11.8 b	8.9 ab	3.8 b	50.7 bc
FM	11.4 b	8.9 ab	4.4 b	100.1 a
FR	9.4 b	8.8 ab	5.4 ab	85.8 ab
AG	28.9 a	6.6 b	8.8 a	80.1 abc
AIA	19.8 ab	7.4 b	6.2 ab	59.9 abc
6-BAP	15.3 b	10.6 a	5.3 ab	87.4 ab
CTRL	18.8 ab	7.9 ab	6.8 ab	66.1 abc
<i>p</i> < 0.05	0.0007	0.0032	0.0067	0.0007
CV %	30.38	20.92	32.73	37.46

*CTF: contenido total de fenoles *Vit. C: vitamina C. ⁺Valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0.05$). CV: coeficiente de variación.

Entre las variables de calidad, el CFT, es muy importante debido a que constituyen un grupo de metabolitos secundarios considerados antioxidantes naturales, con efectos biológicos para la salud humana, tales como la prevención de enfermedades cardiovasculares y degenerativas estos (Tijburg *et al.*, 1997). Los resultados obtenidos de CFT en pimiento morrón en el presente estudio, mostraron que el valor de RM, es igual al reportado para el extracto acuoso de *Flourensia retinophylla*, el cual es elevado (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2017). Lo anterior podría atribuirse a que los compuestos polifenólicos interfieren con las hormonas vegetales, en la estimulación o inhibición del desarrollo de los frutos (Ignat *et al.*, 2013). Por otra parte, Figueroa *et al.* (2015), reportaron para seis variedades comerciales de pimiento morrón, valores inferiores de CFT, que los reportados en el presente estudio. Por lo cual, la aplicación de RM como bioestimulante, representa una alternativa para incrementar la calidad nutracéutica del pimiento morrón.

Para la variable antocianinas, los extractos presentaron contenidos similares a los reportados por el biorregulador 6-BAP. Estos resultados son superiores a los reportados por Figueroa *et al.* (2015), al evaluar el contenido de antocianinas en seis variedades comerciales de pimiento morrón. Los resultados del presente estudio, podrían ser atribuidos a los altos contenidos de compuestos flavonoides de los extractos evaluados (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2015; Jasso de Rodríguez *et al.*, 2023). Por otra parte, Tighe *et al.* (2014), mencionan que el uso de extractos vegetales como bioestimulantes, incrementan el crecimiento de los cultivos, así como la calidad nutricional del fruto para el consumo humano.

En relación a licopeno, se ha reportado que es un importante antioxidante que contribuye a la salud humana (Ramírez *et al.*, 2015). En el presente estudio el mayor contenido de licopeno en el extracto de FR, podríamos atribuirlo al efecto bioestimulante, de los compuestos flavonoides de los extractos, como en el caso de las antocianinas, que favorecen el efecto bioestimulante de las plantas de pimiento morrón. En relación al más alto contenido de licopeno obtenido en este estudio en el tratamiento de AG, podríamos considerar que la aplicación de este

bioregulador, promovió el contenido de licopeno en frutos, lo cual concuerda con lo reportado por Ramírez *et al.*, (2018) en tomate.

Para vitamina C, en el presente estudio el más alto contenido de esta vitamina, fue obtenido por el extracto de FM, que podríamos atribuirlo a la actividad desarrollada por los compuestos polifenólicos y flavonoides principalmente (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2023), en la fisiología de las plantas de pimiento morrón. Para lo cual, podríamos considerar, que el extracto de FM, participa en la activación del sistema de defensa de las plantas, desencadenando una serie de señalizaciones celulares, que incrementan la síntesis y actividad de compuestos antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos, como las vitaminas (He *et al.* 2018; Shukla *et al.* 2019; Kollist *et al.*, 2019).

En el presente estudio se observó que los extractos de las plantas del semidesierto tomando en cuenta su naturaleza, son compuestos seguros para el medio ambiente y en base a los resultados obtenidos podemos mencionar que los extractos de plantas con alto contenido polifenólico, actuaron como bioestimulantes, ejerciendo una acción similar a las fitohormonas en el crecimiento, rendimiento y calidad de las plantas de pimiento morrón, induciendo algunos cambios en los procesos fisiológicos de la planta, para el mejoramiento de la cantidad y la calidad del cultivo, este efecto podría ser atribuido a la acción individual de un compuesto presente en los extractos o al sinergismo entre algunos compuestos polifenólicos.

CONCLUSIONES

El extracto de *Flourensia retinophylla*, planta del Semidesierto del Noreste de México, mostró la mayor actividad para promover el crecimiento vegetativo, rendimiento y calidad de fruto en pimiento morrón var. Cannon, por lo que puede ser utilizado como un bioestimulante para este cultivo en agricultura ecológica.

La aplicación de *F. microphylla* promovió el contenido de vitamina C.

El extracto de *R. muelleri* incrementó los sólidos solubles totales en el fruto.

La eficiencia mostrada por los extractos podría atribuirse a los compuestos fenólicos bioactivos que contiene: flavonoides y ácidos fenólicos, así como a la sinergia entre la matriz de compuestos del extracto. En general, los extractos de RM, RV, FM y FR, mostraron mayor actividad bioestimulante que los biorreguladores comerciales en pimiento morrón, por lo que son eficaces para producir frutos de calidad nutracéutica, que beneficien la salud humana.

REFERENCIAS

- ABAD M.J., ANSUATEGUI M., BERMEJO P. Active antifungal substances from natural sources. ARKIVO. 2007, 8: 116-145.
- ABD, E., FATEN, S. Effect of urea and some organic acids on plant growth, fruit yield and its quality of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Res. J. Agric. Biol. Sci. 2009, 5: 372-379.
- ABEYSINGHE, D., X, LI., SUN, C., ZHANG, W., ZHOU, C. & CHEN, K. Bioactive compounds and antioxidant capacities in different edible tissues of citrus fruit of four species, Food Chemistry. 2007, 104: 1338-1344.
- AGRO EXCELENCIA. México, primer lugar en exportación mundial de chiles y pimientos. Revista profesional del campo. 2019. Consultado el día 13 de febrero de 2022 en: agroexcelencia.com/mexico-primer-lugar-en-exportacion-mundial-de-chiles-y-pimientos/
- AHERN SEDES. Cannon. 2021. Disponible en: <https://www.ahernseeds.com/products/cannon/?ssid=d020eab5059a496afde43e7f76ea5718&lang=es#:~:text=Cannon%20NOW&text=Planta%20vigorosa%2C%20poda%20m%C3%ADnima%2C%20madurez,%20250%20gramos%2C%20excelente%20sabor.> 2021. Consultado el 4 de mayo de 2022.
- AHMAD, M., HASSAN, G.I., PARRAY, E., WANI, M.A., SHABIR, A., KHAN, I., WANI, A.W., BHAT, T.A., MASOODI, L. Transforming fruit production by plant growth regulators. J. Pharm. Phytochem. 2018, 7:1613-1617.
- AINSWORTH, E.A., GILLESPIE, K.M. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin-Ciocalteu reagent. Nat. Protoc. 2007, 2. 875-877.

- AKLADIOUS, S.A., MOHAMED, H.I. Ameliorative effects of calcium nitrate and humic acid on the growth, yield component and biochemical attribute of pepper (*Capsicum annuum*) plants grown under salt stress. *Scientia Horticulturae*. 2018, 236, pp. 244-250.
- ALARCÓN-ZAYAS, A., BARREIRO-ELORZA, P., BOICET-FABRÉ, T., RAMOS-ESCALONA, M., MORALES-LEÓN, J.A. Influencia de ácidos húmicos en indicadores bioquímicos y físico-químicos de la calidad del tomate. *Revista Cub. Quím.* 2018, 30: 243-255.
- AL-TAMEME, H.J., HADI, M.Y., HAMEED, I.H. Phytochemical analysis of *Urtica dioica* leaves by fourier-transform infrared spectroscopy and gas chromatography-mass spectrometry. *J. Pharmacogn. Phyter.* 2015, 7: 238-252.
- ANDRÉS-HERNÁNDEZ, A.R., MORRONE, J.J., TERRAZAS, T., LÓPEZ-MATA, L. Análisis de trazos de las especies mexicanas de *Rhus* subgénero *lobadium* (Angiospermae: Anacardiaceae). *Interciencia/Caracas*. 2006, 31: 900–904.
- ANSORENA, J. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ediciones MundiPrensa. Barcelona, España. 1994.
- AOAC (1990) Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 15th Ed. Arlington, Virginia, USA. 384p.
- AOAC. Official Methods and Analysis. 14th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, EEUU. 1990. 689 pp.
- AOAC. Official methods of analysis. 15th. ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. 1990.

- ARENAS, M., VAVRINA, C., CORNELL, J., NALÓN, E., & HOCHMUTH, G. Coir as an alternative to peat in media for tomato transplant production. *HortScience*. 2002 37: 309-312.
- ARIAS, R., LEE, T.G., LOGENDRA, L., JANES, H. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and relationship of maturity with color and lycopene content. *Journal Agricultural and Food Chemistry*. 2000, 48: 1697-1700.
- ARIZONA STATE UNIVERSITY BIOCOLLECTIONS. Arizona State University Vascular Plant Herbarium. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/a2o8vy> accessed via GBIF.org on 2022-10-17. <https://www.gbif.org/occurrence/2270479674>. 2022.
- ÁVALOS-GARCÍA, A., CARRIL, P.U. Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)*. 2009, 2: 119-145.
- BÁRCENAS, F.E. El manejo de la fertilización del pimiento morrón con diferentes sustratos en invernadero. Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), tesis de grado. Saltillo, Coahuila. 2006.
- BATCHELOR, J.D., & JONES, B.T. Determination of the Scoville heat value for hot sauces and chiles: An HPLC experiment, *J. Chem. Educ.* 2000, 77: 266-267.
- BATISTA-SILVA, W., NASCIMENTO, V.L., MEDEIROS, D.B., NUNES-NESI, A., RIBEIRO, D.M., ZSÖGÖN, A., ARAÚJO, W.L. Modifications in organic acid profiles during fruit development and ripening: Correlation or causation? *Front. Plant Sci.* 2008, 9: 1-20.
- BENNETT, R.N., WALLSGROVE, R.M. Transley Review No. 72. Secondary metabolites in plant defense mechanisms. *New Phytol.* 1994, 127: 617-633.

BORKOWSKA, B. Cytokininy. Postepy Bioch. 1976, 22: 107-209.

BROUN, P. Transcriptional control of flavonoid biosynthesis: a complex network of conserved regulators involved in multiple aspects of differentiation in Arabidopsis. Curr Opin Plant Biol. 2005, 8: 272-279. DOI: 10.1016/j.pbi.2005.03.006.

CAMARGO, P.R., MELINSKY, C., ANDRADE, M., MAZZA, J.L., ROSSI, G. Agroquímicos de Controle Hormonal, Fosfitos e Potencial de Aplicação dos Aminoácidos na Agricultura Tropical. Piracicaba. Serie Produtor Rural. Universidad de São Paulo-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-Divisão de Biblioteca e Documentação. São Paulo, Brasil. 2009, 83p.

CANTLIFFE, D.J., VANSICKLE, J.J. Competitiveness of the Spanish and Dutch greenhouse industries with the Florida fresh vegetable industry. Proc. Fla. State Hort. Soc. 2001, 114: 283-287.

CARLIER, E., ROVERA, M., ROSSI, A., ROSAS, S.B. Improvement of growth, under field conditions, of wheat inoculated with *Pseudomonas chlororaphis* subsp. *aurantiaca* SR1. World J. Microbiol. Biotechnol. 2008, 24: 2653-2658.

CARRILLO-LOMELÍ, D.A., JASSO DE RODRÍGUEZ, D., MOO-HUCHIN, V.M., RAMON-CANUL, L., RODRÍGUEZ-GARCÍA, R., GONZALEZ-MORALES, S., VILLARREAL-QUINTANILLA, J.A., PENA-RAMOS, F.M. How does *Flourensia microphylla* extract affect polyphenolic composition, antioxidant capacity, and antifungal activity?. Industrial Crops & Products. 2022, 186: 115248.

CERQUEIRA, M., BARCELLOS, H., BUENO, P., AIRES, J., & DUMMER, M. Antifungal activity of plants extracts with potential to control plant pathogens in pineapple. Asian Pac J Trop Biomed. 2016, 6: 26-31.

- CHAMÚ-BARANDA, J.A., LÓPEZ-ORDAZ, A., RAMÍREZ-AYALA, C., TREJO-LÓPEZ, C., & MARTÍNEZ-VILLEGAS, E. Respuesta del pimiento morrón al secado parcial de la raíz en hidroponía en invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2011, 2: 97-110.
- COEAN, M.M. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews*, 1994, 12: 564-582.
- COLLINS, M.D., WASMUND, L.M., & BOSLAND, P.W. Improved method for quantifying capsaicinoids in *Capsicum* using high-performance liquid chromatography, *Hort. Science*, 1995, 30: 137-139.
- CUESTA, G., & MONDACA, E. Efecto de un biorregulador a base de auxinas sobre el crecimiento de plantines de tomate. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 2014, 20: 215-222. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2014.01.001>
- DAI, J., & MUMPER, R. Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties *Molecules*.2010, 15: 7313–7352.
- DANIEL, C.K., LENNOX, C.L., VRIES, F.A. *In-vitro* effects of garlic extracts on pathogenic fungi *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum* and *Neofabraea alba*. *S Afr J Sci*. 2015, 111: 1-8.
- DAVIES, P.J. *Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology*. Springer Netherlands. 1995. Dordrecht. <http://link.springer.com/10.1007/978-94-011-0473-9>. Fecha de consulta 25 de enero de 2016.
- DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA, INSTITUTO DE BIOLOGÍA (IBUNAM). *Rhus virens* subsp. *virens*, ejemplar de: Herbario Nacional de México (MEXU), Plantas Vasculares. En *Portal de Datos Abiertos UNAM* (en línea), México, Universidad Nacional Autónoma de México. 2020. Disponible en: <http://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:251226> Fecha de consulta 13 de octubre de 2022.

- DÍAZ, A., GÁLVEZ, D., ORTIZ, F.E. Bioinoculación y fertilización química reducida asociadas con el crecimiento de planta y productividad de sorgo. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 2015, 31: 245-252.
- DÍAZ, A., SUÁREZ, C., DÍAZ, D., LÓPEZ, Y., MORERA, Y., LÓPEZ, J. Influencia del bioestimulante FitoMas-E sobre la producción de posturas de caféto (*Coffea arabica* L.). *Ctro Agr.* 2016, 43: 29-35
- DÍAZ-DELLAVALLE, P., CABRERA, A., ALEM, D., LARRAÑAGA, P., FERREIRA, F., & DALLA, M. Research: Antifungal activity of medicinal plant extracts against phytopathogenic fungus *Alternaria* spp. *Chil J Agr Res.* 2011, 71: 231-239.
- DO NASCIMENTO, M.N., & FETT-NETO, A. G. Plant secondary metabolism and challenges in modifying its operation: an overview. In: Fett-Neto, A. G. *Plant secondary metabolism engineering - methods and application, methods in molecular biology.* Humana Press, New York. 2010. 643: 1-13
- DODD, I.C., ZINOVKINA, N.Y., SAFRONOVA, V.I., BELIMOV, A.A. Rhizobacterial mediation of plant hormone status. *Ann Appl Biol.* 2010. 157: 361–379. doi:10.1111/j.1744-7348.2010. 00439.x
- DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation *Sci Hortic.* 2015, 196: 3-14.
- DZIALO, M., MIERZIAK, J., KORZUN, U., PREISNER, M., SZOPA, J. & KULMA, A. The Potential of Plant Phenolics in Prevention and Therapy of Skin Disorders. *International Journal of Molecular Sciences.* 2016, 17: 160.
- ELIZONDO-CALBECETA, E., MONGE-PÉREZ, J. E. Caracterización morfológica de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annum*) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. 2017, 18: 37.

- EMONGOR, V. Gibberellic acid influence on vegetative growth, nodulation and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) Walp. J. Agron. 2007, 6: 509-517.
- FERNÁNDES, D.A., CARMO, O., PINHEIRO L. H., NODA, M. Diversidade Fenotípica em Pimenteiras Cultivadas na Amazônia. Associação Brasileira de Horticultura. Anais CBO. 2004. Página electrónica: <http://www.abhorticultura.com.br/CBO/>
- FIGUEROA, I.E., MARTÍNEZ, M.T., RODRÍGUEZ, J.E., CRUZ, O., BERYL, M.T., VALLE, S., RAMÍREZ, S.P. Capacidad antioxidante en variedades de pimiento morron (*Capsicum annum* L.). Asociación Interciencia. Caracas, Venezuela. Interciencia. 2015, 40: 696-703.
- FRANKE, A.A., CUSTER, L.J., ARAKAKI, C., & MURPHY, S.P. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. J. Food Compos. Anal. 2004, 17: 1-35.
- FRÉBORT, I., KOWALSKA, M., HLUSKA, T., FRÉBORTOVÁ, J., GALUSZKA, P. Evolution of cytokinin biosynthesis and degradation. J Exp Bot. 2011, 62: 2431-52.
- FRIBOURG, G.A. Regulador de crecimiento en el cultivo de ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. pendulum) en el Valle de Cañete. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis de Licenciatura. Lima, Perú. 2017.
- GALANO, A., CASTAÑEDA-ARRIAGA, R., PÉREZ-GONZÁLEZ, A., TAN, D. & REITER, R. J. Phenolic Melatonin-Related Compounds: Their Role as Chemical Protectors against Oxidative Stress. Molecules. 2016, 21: 1442.
- GARAY, A., DE LA PAZ, M., GARCÍA, B., ÁLVAREZ, E.R., GUTIÉRREZ, C. La homeostasis de las auxinas y su importancia en el desarrollo de *Arabidopsis thaliana*. Rev Educ Bioquím. 2014, 33: 13-22.

- GARCÍA, N. Cuantificación de fenoles y flavonoides totales en extractos naturales. Universidad Autónoma De Querétaro. 2017. URL Disponible en: http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2007/56_1UAQGarciaNava.pdf
- GHOSH, S., HALDER, S. Effect of different kinds of gibberellin on temperate fruit crops: A review. *J Pharm Innov.* 2018, 7: 315-9.
- GIOVANNONI, J. Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology.* 2001, 52: 725-749.
- GNAYFEED, M., DAOOD, H.G., BIACS, P.A., ALCARAZ, C.F. Content of bioactive compounds in pungent spice red pepper (paprika) as affected by ripening and genotype. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 2001, 81: 1580-1585.
- GRAVEL, V., ANTOUN, H., TWEDDELL, R.J. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: possible role of indole acetic acid (IAA). 2007. *Soil Biology and Biochemistry.*
- GUTIERREZ, T., HOYOS, O., PÁEZ, M. Ascorbic acid determination in Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) for high-performance liquid chromatography (HPLC). *Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.* 2007, 15: 70-79.
- HANNA INSTRUMENTS. Química en la fruta. Blog servicio técnico. 2017. <https://ww2.hannachile.com/blog/post/qu%C3%ADmica-en-la-fruta#:~:text=pH%20y%20Acidez&text=De%20este%20modo%2C%20el%20pH,o%20su%20conversi%C3%B3n%20en%20az%C3%BAcar>. Consultado el 30 de octubre de 2022.

- HE, Y., ZHOU, J., SHAN, L., MENG, X. Plant cell surface receptor-mediated signaling-a common theme amid diversity. *Journal of Cell Science*. 2018, 131: 1-11.
- HENAO, J., MUÑOZ, L.J., RÍOS, E., PADILLA, L., GIRALDO, G.A. Evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos de la planta *Lippia origanoides* HBK cultivada en el Departamento del Quindío. *Rev Invest Univ Quindío*. 2009, 19: 159-64.
- HERNÁNDEZ-MONTIEL, L.G., MURILLO-AMADOR, B., CHIQUITO-CONTRERAS, C.J., ZUÑIGA-CASTAÑEDA, C.E., RUIZ-RAMÍREZ, J., CHIQUITO-CONTRERAS, R.G. Respuesta morfo-productiva de plantas de pimiento morrón biofertilizadas con *Pseudomonas putida* y dosis reducida de fertilizantes sintéticos en invernadero. *Terra Latinoamericana*. 2020: 38: 583-596.
- HEUVELINK, E., KÖRNER, O. Parthenocarpic fruit growth reduces yield fluctuation and blossom-end rot in sweet pepper. *Annals Bot*. 2001, 88: 69-74.
- HEUVELINK, E., MARCELIS, L.F., KÖRNER, O. How to reduce yield fluctuations in sweet pepper. *Acta Horticulturae*. 2004, 633: 349-355.
- HIROSE, N., TAKEI, K., KUROHA, T., KAMADA, T., HAYASHI, H., SAKAKIBARA, H. Regulation of cytokinin biosynthesis, compartmentalization and translocation. *J Exp Bot*. 2008, 59: 75-83.
- IGNAT, I., RADU, D.G., VOLF, I., PAG, A.I., POPA, V.I. Antioxidant and antibacterial activities of some natural polyphenols. *Cellulose Chemistry and Technology*. 2013, 47: 387-399.
- IGNAT, I., STINGU, A., VOLF, I., POPA, V.I. Characterization of grape seed aqueous extract and possible applications in biological systems. *Cellulose Chemistry and Technology*. 2011, 45: 205-209

INSTITUTO DE BIOLOGÍA "*Flourensia microphylla* -
IBUNAM:MEXU:ASTsn1623".

UNIBIO: Colecciones Biológicas. 2010-02-15.

Universidad Nacional Autónoma de México. 2022. Consultada en: 2022-10-13.

Disponible en:
<http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:MEXU:ASTsn1623>

INSTITUTO DE BIOLOGÍA "*Rhus muelleri* Standl. & F.A. Barkley -
IBUNAM:MEXU:PVT91221".

UNIBIO: Colecciones Biológicas. 2011-06-14.

Universidad Nacional Autónoma de México. 2022. Consultada en: 2022-10-13.

Disponible en:
<<http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:MEXU:PVT91221>>

ISAZA, M. Taninos o polifenoles vegetales. *Scientia et Technica*. 2007, 1: 13-18.

JASSO DE RODRÍGUEZ, D., ALONSO-CUEVAS, C.F., RODRÍGUEZ-GARCÍA, R., RAMÍREZ, H., DÍAZ-JIMÉNEZ, L., VILLARREAL-QUINTANILLA, J.A., JUÁREZ-MALDONADO, A. Extractos de plantas del semidesierto en la inducción del crecimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 2020, 7: 2342.

JASSO DE RODRÍGUEZ, D., PUENTE-ROMERO, G.N., DÍAZ-JIMÉNEZ, L., RODRÍGUEZ-GARCÍA, R., RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, H., VILLARREAL-QUINTANILLA, J.A., GENISHEVA, Z.A. *In vitro* gastrointestinal digestion of microencapsulated extracts of *Flourensia cernua*, *F. microphylla*, and *F. retinophylla*. *Industrial Crops and Products*. 2019, 138: 111444.

JASSO DE RODRÍGUEZ, D., SALAS-MÉNDEZ, E.D.J., RODRÍGUEZ-GARCÍA R., HERNÁNDEZ-CASTILLO, F.D., DÍAZ-JIMÉNEZ, M.L.V., SÁENZ-GALINDO, A., GONZÁLEZ-MORALES, S., FLORES-LÓPEZ, M.L., VILLARREAL-QUINTANILLA, J.A., PEÑA-RAMOS, F.M., CARRILLO-LOMELÍ, D.A. Antifungal activity in vitro of ethanol and aqueous extracts of leaves and branches of *Flourensia* spp. against postharvest fungi. *Industrial Crops and Products*. 2017, 107: 499-508.

JASSO DE RODRÍGUEZ, D., TORRES-MORENO, H., LÓPEZ-ROMERO, J.C., VIDAL-GUTIÉRREZ, M., VILLARREAL-QUINTANILLA, J.A., CARRILLO-LOMELÍ, D.A., ROBLES-ZEPEDA, R.E., VILEGAS, W. Antioxidant, anti-inflammatory, and antiproliferative activities of *Flourensia* spp. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2023, 47: 102552.

JASSO DE RODRÍGUEZ, D., TREJO-GONZÁLEZ, F.A., RODRÍGUEZ-GARCÍA, R., DÍAZ-JIMÉNEZ, M.L.V., SÁENZ-GALINDO, A., HERNÁNDEZ-CASTILLO, F.D., VILLARREAL-QUINTANILLA, J.A., PEÑA-RAMOS, F.M. Antifungal activity in vitro of *Rhus muelleri* against *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*. *Industrial Crops and Products*. 2015, 75: 150-158.

JIMÉNEZ, H.U., CAMPOS, J.V., MARÍN, S.L., BARRANTES, S.M. Agrocadena regional: cultivo del chile dulce. Dirección Regional Central Occidental, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Grecia, Alajuela, Costa Rica. 2007.

JIMÉNEZ, M.C., GONZÁLEZ, L.G., SUÁREZ, M., MARTÍNEZ, I., OLIVA, A., FALCÓN, A. Respuesta agronómica del pimiento California Wonder a la aplicación de Quitomax. Cuba. *Revista Centro Agrícola*. 2018, 45: 40-46.

JIMÉNEZ, M.C., GONZÁLEZ, L.G., SUÁREZ, M., MARTÍNEZ, I.P., OLIVA, A., FALCÓN, A. Respuesta agronómica del pimiento California Wonder a la aplicación de Quitomax. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Cuba. *Revista Centro Agrícola*. 2018, 45: 40-46.

- JORDAN, M., CASARETTO, J. Hormonas y reguladores de crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas. *Fisiología Vegetal*. Universidad de La Serena. La Serena, Chile. 2006, p. 1-28.
- JOVICICH, E., VANSICKLE, J.J., & CANTLIFFE, D.J. Greenhouse-grown Colored peppers: a profitable alternative for vegetable production in Florida. *Hortechology*. 2005, 15: 355-369.
- KADER, A.A. *Postharvest technology of horticultural crops*. University of California. Agriculture and Natural Resources. Davis, CA, USA. 2002. ISBN: 1879906511, 9781879906518.
- KALAIVANAN, C., VENKATESALU, V. Utilization of seaweed *Sargassum myriocystum* extracts as a stimulant of seedlings of *Vigna mungo* (L.) Hepper. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2012, 10: 466-470.
- KAUR, C., KAPOOR, H. Antioxidants in fruits and vegetables-The millenniums health. *International Journal of Food Science and Technology*. 2001, 36: 703–725.
- KIEMLIAN, J. Yin and Yang of Polyphenols in Cancer Prevention: A Short Review. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*. 2016, 16: 832-40.
- KINNUEN, T., & KOSKELA, M. Antibacterial and antifungal properties of propylene glycol, hexylene glycol, and 1,3-butylene glycol in vitro. *Acta. Derm. Venereol*. 1919, 71: 148-150.
- KOLLIST, H., ZANDALINAS, S.I., SENGUPTA, S., NUHKAT, M., KANGASJÄRVI, J., MITTLER, R. Rapid responses to abiotic stress: Priming the landscape for the signal transduction network. *Trends in Plant Science*. 2019, 24: 25-37.
- KUMARI, R., KAUR, I., BHATNAGAR, A.K. Effect of aqueous extract of *Sargassum johnstonii* Setchell & Gardner on growth, yield and

- quality of *Lycopersicon esculentum* Mill. *Journal of Applied Phycology*. 2001, 23: 623-633.
- LEITE, V.M., ROSOLEM, C.A., RODRIGUES, J.A. Gibberellin and cytokinin effects on soybean growth. *Sci. Agric*. 2003, 60: 537-541.
- LINCOIN, T. & ZEIGE, E. *Fisiología Vegetal*. Univesitat Jaume I.D.L. 2006, pp. 542-543.
- LÓPEZ, E.J. La producción hidropónica de cultivos. *Idesia (Arica)*. 2018, 36: 139-141.
- MARCELIS, L.F., HEUVELINK, E., HOFMAN-EIJER, L.R.B., BAKKER, J.D., XUE, L.B. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany*. 2004, 55: 2261–2268.
- MARTÍNEZ, J.A. Natural fungicides obtained from plants. Chapter 1. In: Dhanasekaran D, Thajuddin N, Panneerselvam A (Eds). *Fungicides for plant and animal diseases. Europe: InTech*. 2012, pp 3-28.
- MARTÍNEZ, P.N., GONZÁLEZ, J.A., PIÑEIRO, D.B. Efectos del Fitomas-E en el maíz (*Zea mays* L.) variedad Tuzón, en las condiciones edafoclimáticas del municipio “Amancio Rodríguez”, Las Tunas. *Revista Innovación Tecnológica*. 2013, 19.
- MARTÍNEZ-GUTIÉRREZ, A., ZAMUDIO-GONZÁLEZ, B., TADEO-ROBLEDO, M., ESPINOSA-CALDERÓN, A., CARDOSO-GALVÃO, JC., & VÁZQUEZ-CARRILLO, M.G. Rendimiento de híbridos de maíz en respuesta a la fertilización foliar con bioestimulantes. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 2002, 13: 289-301.
- MARTINS, A.O., NUNES, N.A., ARAÚJO, W.L., FERNIE, A.R. To bring flowers or do a runner: Gibberellins make the decision. *Mol Plant*. 2018, 11: 4-6.

MEJÍA, S., VEGA, M., VALVERDE, J., LÓPEZ, J., CARO, J. Effect of wax application on the quality, lycopene content and chilling injury of tomatoe fruit. *Journal of Food Quality*. 2009, 32: 735-746.

MÉXICO CALIDAD SUPREMA. PC-022-2005 Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Suprema en pimiento morrón. México. SAGARPA. 2005. <https://www.yumpu.com/es/document/view/47165642/mexico-calidad-suprema-pimiento-morrón>. Fecha de consulta 15 de junio de 2022.

MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA. Protocolo de Calidad. Secretaría de Agregado de Valor, Subsecretaria de Alimentos y Bebidas. SAA040, versión 03. Argentina. 2013. https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/Sello/sistema_protocolos/SAA_040_%20ProtocoloPimientofresco_V3.pdf. Fecha de consulta 12 de junio de 2022.

MOJZER, E.B., HRNCIC, M.K., SKERGET, M., KNEZ, Z., BREN, U. Polyphenols: extraction methods, antioxidative action, bioavailability and anticarcinogenic effects. *Molecules*. 2016, 21: 901–39.

MONTANO, R., ZUAZNÁBAR, R., GARCÍA, A., VIÑALS, M., VILLAR, J. FitoMas-E Bionutriente Derivado de la Industria Azucarera. *Revista ICIDCA sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*. 2007, 61: 14-21.

MORADI, K., OTROSHY, M. A combination of chemical scarification and 6-Benzylaminopurine (BAP) treatment promote seed germination in *Dracocephalum kotschyi* seeds. *Trakia Journal of Sciences*. 2012, 10: 26-29.

MORENO, E., MORA, R., SÁNCHEZ DEL CASTILLO, F. & GARCÍA-PÉREZ, V. Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum*

annuum L.) cultivados en hidroponía. Revista Chapingo. Serie horticultura. 2012, 17: 5-18.

MORENO, V.M., MORENO V.A., RIBAS, E.F., & CABELLO, C.J. Revista Agropecuaria "Agricultura", El Cultivo del Pimiento. Editorial Agrícola Española. 2004. P. 476-480.

MORENO-PÉREZ, E.C., SÁNCHEZ, F., MARTÍNEZ-GASPAR, F.J., RAMÍREZ-ÁRIAS, A., BERYL- COLINAS-LEÓN, M.T. Rendimiento de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) por poda floral selectiva y despunte de yemas laterales en la cuarta bifurcación. Fitotecnia. 2018, 56230.

ORRELL, T. NMNH Extant Specimen Records (USNM, US). Version 1.62. National Museum of Natural History, Smithsonian Institution. 2022,10-13.

ORTIZ, E., PEÑUELAS-RUBIO, O., ARGENTEL-MARTÍNEZ, L., FÉLIX P. & PADILLA, I. La aplicación de bioestimulantes incrementa los componentes del rendimiento de frijol Pinto Bill Z en el sur de Sonora. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 2022, 13: 371-376.

PARADIKOVIC, N., TEKLIĆ, T., ZELJKOVIC, S., LISJAK, M., ŠPOLJAREVIC, M. Biostimulants research in some horticultural plant species-A review. Food and Energy Security. 2018, 8: 1-17.

PAROUSSI, G., VOYIATZIS, D., PAROUSSIS, E. & DROGOUDI, P. Growth, flowering and yield responses to GA₃ of strawberry grown under different environmental conditions. Scientia Horticulturae. 2002, 96: 103-113.

PASTOR, J. Utilización de sustratos en viveros. Terra. 2002, 17: 231-235.

PÉREZ DE C., OJEDA, M., MOGOLLÓN, N. & GIMÉNEZ, A. Efecto de diferentes sustratos y ácido giberélico sobre el crecimiento, producción y calidad de

fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) cv. camarosa. Bioagro. 2013, 25: 31-38.

PÉREZ, G.M., GONZÁLEZ, H.V.A., PEÑA, L.A., MENDOZA, M.C., PEÑA, V.C.C., SAHAGÚN, C.J. Physiological characterization of manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* R y P) landraces. J. of the Ameri. Soc. for Hort. Science. 2004, 129: 88–92.

PÉREZ, N., LUGO, C., GUTIÉRREZ, L., DEL TORO, S. Extracción de compuestos fenólicos de la cascara de lima (*Citrus limetta* Risso) y determinación de su actividad antioxidante. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud. 2013, 15: 18-22.

PICHARDO-GONZÁLEZ, J.M., GUEVARA-OLVERA, L., COUOH-UICAB, Y.L., GONZÁLEZ-CRUZ, L., BERNARDINO-NICANOR, A., MEDINA, H.R., GONZÁLEZ-CHAVIRA, M.M., ACOSTA-GARCÍA, G. Efecto de las giberelinas en el rendimiento de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.). Revista mexicana de ciencias agrícolas. 2018, 9: 925-934.

PINEDA, H. Evaluación del comportamiento agronómico de diez cultivares de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en las condiciones de Roldanillo (Valle del Cauca). Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2000. 73 p.

PIRE, R. & PEREIRA, A. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela: Propuesta metodológica. Bioagro. 2003, 15: 55-63.

PRASAD, M., SRINIVASAN, R., CHAUDHARY, M., CHOUDHARY, M., JAT, L.K. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) for Sustainable Agriculture: Perspectives and Challenges. Food Security and Environmental Management. 2019, pp: 129-157.

- QUIMICOMPANY. Equipos e insumos para laboratorio. 2022. <https://quimicompany.com.co/Fichastecnicas/6-%20Bencilaminopurina.pdf>. Fecha de consulta 18 de octubre de 2022.
- QUINTERO, E., CALERO, A., PÉREZ, Y., & ENRÍQUEZ, L. Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. Centro Agrícola. 2018, 45: 73-80.
- RADEMACHER, W. Chemical regulators of gibberellins status and their application in plant production. En: Rademacher W, editor. Annual Plant Review Online. Annual Plant Reviews book series. 2017, 49: 359-403.
- RAMÍREZ, H., HOAD, G.V., BENAVIDES, A., RANGEL, E. Gibberellins in apple seeds and the transport of [3H]-GA 4 Journal of the Mexican Chemical Society. 2001, 45: 47- 50.
- RAMÍREZ, H., LÓPEZ-FABIÁN, A., PEÑA-CERVANTES, E., ZAVALA-RAMÍREZ, M.G., ZERMEÑO-GONZÁLEZ, A. P-Ca, AG 4/7 y 6-BAP en la fisiología y nutrición de tomate en invernadero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2018, 9.
- RAMÍREZ, H., PERALTA-MANJARREZ, R.M., BENAVIDES-MENDOZA, A., SÁNCHEZ-LÓPEZ, A., ROBLEDO-TORRES, M.V., HERNÁNDEZ-DÁVILA, J. Efectos de prohexadiona-Ca en tomate y su relación con la variación de la concentración de giberelinas y citocininas. Revista Chapingo, Serie Horticultura. 2005: 11: 283-290.
- RAMÍREZ, H., ZAVALA-RAMÍREZ, M., SÁNCHEZ-LÓPEZ A, AGUILAR-ZARATE, P., CRISTÓBAL-AGUILAR, N., RODRÍGUEZ-GARCÍA, R., JASSO-CANTÚ, D., ZERMEÑO-GONZÁLEZ, A., VILLAREAL-QUINTANILLA, J.A., LÓPEZ-FABIÁN, A. Tomato responses to bioregulators grown under greenhouse conditions. Inter. Journal Plant Soil Sci. 2016: 10: 1-13.

- REYES-PÉREZ, J.J., ENRÍQUEZ-ACOSTA, E.A., RAMÍREZ-ARREBATO, M.A., RODRÍGUEZ-PEDROSO, A.T., FALCÓN- RODRÍGUEZ, A. Application of Quitomax® on tomato crop (*Solanum lycopersicum* L.) and evaluation of its effect in the yield and nutritional value. Rev. Fac. Agron. LUZ. 2018, 35: 463-475.
- REYES-PÉREZ, J.J., RIVERO-HERRADA, M., SOLÓRZANO-CEDEÑO, A.E., CARBALLO-MÉNDEZ, F.J., LUCERO-VEGA, G., RUIZ-ESPINOZA, F.H. Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrízicos como influyen en el crecimiento y desarrollo de pimiento. Terra Latinoamericana. 2021, 39: 1-13.
- RODRÍGUEZ, Y., CASANOVA, A., RODRÍGUEZ, S., CAMEJO, C., FELIPE, A., & AULÁN, N. Nuevas combinaciones híbridas de pimiento para el sistema de cultivo protegido en cuba. Cultivos Tropicales. 2018, 39: 93-101.
- RODRÍGUEZ-CASTRO, A., TORRES-HERRERA, S., DOMÍNGUEZ-CALLEROS, A., ROMERO-GARCÍA, A., SILVA-FLORES, M. Extractos vegetales para el control de *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* y *Rhizoctonia solani*, una alternativa sostenible para la agricultura. Abanico Agroforestal. 2020, 2:1-13.
- RODRÍGUEZ-CASTRO, A., TORRES-HERRERA, S., DOMÍNGUEZ-CALLEROS, A., ROMERO-GARCÍA, A., SILVA-FLORES, M. Extractos vegetales para el control de *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* y *Rhizoctonia solani*, una alternativa sostenible para la agricultura. Abanico Agroforestal. 2020, 2: 1-13.
- RUIZ-ALTISENT, M., VALERO-UBIERNA, C. La calidad de la fruta. Vida Rural. 2000, 107: 66-68.
- SALISBURY, F. & C. ROSS. Hormonas y reguladores de crecimiento: Auxinas y Giberelinas. Ed. Paraninfo. Madrid. 2000.

- SÁNCHEZ, F., MORENO-PÉREZ, E., RESÉNDIZ-MELGAR, R., COLINAS-LEÓN, M., & RODRÍGUEZ-PÉREZ, J.E. Producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) en ciclos cortos. *Agrociencia*, 2017, 51: 437-446.
- SÁNCHEZ-ESCALANTE, A., TORRESCANO, G., DJENANE, D., BELTRÁN, J.A., RONCALÉS, P. Stabilisation of colour and odour of beef patties by using lycopene-rich tomato and peppers as a source of antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2003, 83: 187-194.
- SARHAN, T.Z., MOHAMMED, G.H., TELI, J.A. Effect of bio and organic fertilizers on growth, yield and fruit quality of summer squash. *Sarhad J. Agric.* 2011, 27: 377-383.
- SARIÑANA-ALDACO, O., BENAVIDES-MENDOZA, A., JUAREZ-MALDONADO, A., ROBLEDO-OLIVO, A., RODRÍGUEZ-JASSO R.M., PRECIADO-RANGEL, P., GONZALEZ-MORALES, S. Efecto de extractos de *Sargassum* spp. en el crecimiento y antioxidantes de plántulas de tomate. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 2021, 8: 2814.
- SCHULZ, H. AND B. GLASER (2012) Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 175: 410-422.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. México, principal exportador mundial de pimientos frescos: Agricultura. Gobierno de México. 2022. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-principal-exportador-mundial-de-pimientos-frescos-agricultura?idiom=es>
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO SOCIAL. Cinco cosas que hay que saber del pimiento morrón. Gobierno de México. 2019. Consultado el día 08 de febrero de 2022 en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cinco-cosas-que-hay-que-saber-del-pimiento-morron>

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO SOCIAL. Pimiento morrón el sabor de la mesa. Blog. Delegación SADER Hidalgo. 2019. Gobierno de México. Consultado el 13 de febrero de 2022 en: <https://www.gob.mx/agricultura/hidalgo/articulos/pimiento-morrón-el-sabor-de-la-mesa?idiom=es>

SERVICIO DE INFORMACIÓN AGRÍCOLA Y PESQUERA. Cierre de la producción agrícola. Anuario estadístico de la producción Agrícola. 2021.

SERVICIO DE INFORMACIÓN AGRÍCOLA Y PESQUERA. Cierre de la producción agrícola. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. México. 2020. Consultado el día 13 de febrero de 2022 en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

SERVICIO DE INFORMACIÓN AGRÍCOLA Y PESQUERA. Cierre de la producción agrícola. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. México. 2022. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Fecha de consulta 9 de agosto de 2022.

SHUKLA, P.S., MANTIN, E.G., ADIL, M., BAJPAI, S., CRITCHLEY, A.T., PRITHIVIRAJ, B. *Ascophyllum* nodosum-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Frontiers in Plant Science*. 2019, 10: 655.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN E INTEGRACIÓN DE MERCADOS Resumen SNIIM del pimiento. Secretaría de Economía. México. 2022. <http://www.economia-sniim.gob.mx/analisis/SNIIMproducto.asp?prod=239&dest=T&p rodC=90201>. Fecha de consulta 9 de agosto de 2022.

SORIANO-MELGAR, L.L., IZQUIERDO-OVIEDO, H., SAUCEDO-ESPINOSA, Y.A., CÁRDENAS-FLORES, A. Efecto de la aplicación de bioestimulantes

sobre la calidad y capacidad antioxidante de frutos de calabacita (*Cucurbita pepo* L. var. 'Grey Zucchini'). Terra Latinoamericana. 2020. 38: 17-28.

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

TAIZ, L. & E. ZEIGER. (2002) *Plant physiology*. 3a ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

TALMACIU, A., TANASE, C., VOLF, I., POPA, V.I. Influence of polyphenolic compounds on *Ocimum basilicum* L. development. *Analele Stiintifice ale Universitatii "Alexandru Ioan Cuza" Din Iasi. (Serie Noua). Sectiunea 2. a. Genetica si Biologie Moleculara*. 2015, 16: 83-88.

TANASE, C., BARA, C.I., POPA, I.V. Cytogenetical effect of some polyphenols compounds separated from industrial by-products on maize (*Zea mays* L.) plant. *Cellulose Chemistry and Technology*. 2015, 49: 799–805.

TANASE, C., BOZ, I., STINGU, A., VOLF, I., POPA, V.I. Physiological and biochemical responses induced by spruce bark aqueous extract and deuterium depleted water with synergistic action in sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. *Ind Crop Prod*. 2014, 60: 160–7.

TANASE, C., STINGU, A., VOLF, I., POPA, V.I. The effect of spruce bark polyphenols extract in combination with deuterium depleted water (DDW) on *Glycine max* L. and *Helianthus annuus* L. development. *Analele Stiintifice ale Universitatii "Alexandru Ioan Cuza" Din Iasi. (Serie Noua). Sectiunea 2. a. Genetica si Biologie Moleculara*. 2011, 12: 115-120.

TANASE, C., VANTU, S., POPA, V.I. "In vitro" effect of some industrial by-products on *Lavandula angustifolia* Mill. explant growth. *Analele Stiintifice ale Universitatii "Alexandru Ioan Cuza" din Iasi Sec. II a. Genetica si Biologie Moleculara*. 2013, 14: 13-18.

- TIGHE, R., MONTALBA, R., LEONELLI, G., CONTRERAS, A. Efecto de dos extractos botánicos en el desarrollo y contenido de polifenoles de ají (*Capsicum annuum* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 2014, 5: 115-127.
- TIJBURG, L., WISEMAN, S., MEIJER, G., WESTSTRATE, J. Effects of green tea, black tea and dietary lipophilic antioxidants on LDL oxidizability and atherosclerosis in hypercholesterolaemic rabbits. *Atherosclerosis*. 1997, 135: 33-47.
- VEGA, P., CANCHIGNIA, H., GONZÁLEZ, M., SEEGER, M. Biosíntesis de ácido indol-3-acético y promoción del crecimiento de plantas por bacterias. *Culivos Tropicales*. 2016, 37: 33-9.
- WADAS,W., DZIUGIEL, T. Changes in Assimilation Area and Chlorophyll Content of Very Early Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars as Influenced by Biostimulants. *Agronomy*. 2020, 10: 387. 38
- WANG, C., LIU, Y., LI, S., HAN, G. Insights into the origin and evolution of the plant hormones signaling machinery. *Plant Physiol*. 2015, 167: 872-86.
- WATANABE, M., OHTA, Y., LICANG, S., MOTOYAMA, N., & KIKUCHI, J. Profiling contents of water-soluble metabolites and mineral nutrients to evaluate the effects of pesticides and organic and chemical fertilizers on tomato fruit quality. *Food Chem*. 2015, 169: 387-395.
- YAKHIN, O.I., LUBYANOV, A.A., YAKHIN, I.A., & BROWN, P.H. Biostimulants in plant science: a global perspective. *Front. Plant Sci*. 2017. 1: 1-32.
- ZAHIR, Z.A., ARSHAD, M., FRANKENBERGER, W.T. Jr. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. *Adv Agron*. 2003, 81: 97–168.

ZAMUDIO, G. B., FÉLIX, R. A., MARTÍNEZ, G. A., GALVÃO, C.J.C., ESPINOSA, C.A., & TADEO, R.M. Producción de híbridos de maíz con urea estabilizada y nutrición foliar. *Rev. Mex. Cien Agríc.* 2018, 6:1231-1244.

ZANIN, L., TOMASI, N., CESCO, S., VARANINI, Z., PINTON, R. Humic substances contribute to plant iron nutrition acting as chelators and biostimulants. *Frontiers in Plant Science.* 2019, 10: 675.