

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



EFFECTO DE EXTRACTOS DE PLANTAS DEL SEMIDESIERTO EN LA
INDUCCIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE TOMATE
(Lycopersicon esculentum Mill)

Tesis

Que presenta CÉSAR FERNANDO ALONSO CUEVAS

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

Saltillo, Coahuila

Junio 2019

Agradecimientos

Agradezco a los doctores Dra. Diana Jasso Cantú y Dr. Raúl Rodríguez García por ser guías y maestros en el camino de aprendizaje, tanto académico como personal, otorgándome la oportunidad de desarrollo en nuevos ámbitos laborales y núcleos sociales, así como su apoyo siempre firme para la conclusión de este proyecto.

De igual forma a los doctores Dr. Homero Ramírez Rodríguez, Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla, Dra. Ma. De Lourdes Díaz Jiménez, por ser parte de este desarrollo, asesorando y estando pendiente de los pasos a seguir en busca de las metas y compromisos obtenidos al empezar el proyecto de investigación. Alegrementemente agradezco la calidez humana y generosidad en el arte de enseñar de cada uno de ellos.

El autor César Fernando Alonso Cuevas agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca que me fue otorgada para llevar a cabo los estudios de Maestría en Ciencias en Ingeniería en Sistemas de Producción en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

Agradezco al Dr. Antonio Juárez Maldonado, por haberme facilitado el material genético de la investigación y por su sabia asesoría brindada en el manejo del cultivo durante el desarrollo del experimento.

El autor también agradece a las T.A. María Guadalupe Moreno Esquivel, Edith E. Chaires Colunga, Olga L. Solís Hernández, M. Leticia Rodríguez González y al C. Juan José Valenzuela Cabrera, del Laboratorio de Fitoquímica de la UAAAN, por su asistencia en la obtención de los extractos y su apoyo en las actividades en el invernadero.

Al Ing. Sergio Braham Sabag por su apoyo para tener acceso completo al invernadero del departamento de forestal, y así poder hacer uso de las instalaciones. Al señor José Sosa por brindar atención y hacer de las horas de trabajo más amenas, brindando confianza para poder aprender de las actividades que se llevan a cabo dentro de un invernadero

EFFECTO DE EXTRACTOS DE PLANTAS DEL SEMIDESIERTO EN LA
INDUCCIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE TOMATE
(*Lycopersicon esculentum Mill*)

Tesis

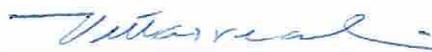
Elaborada por CÉSAR FERNANDO ALONSO CUEVAS como requisito parcial
para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN con la supervisión y aprobación del Comité de
Asesoría



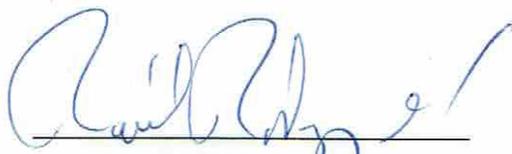
Dra. Diana Jasso Cantú
Asesor principal



Dr. Homero Ramírez Rodríguez
Asesor



Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla
Asesor



Dr. Raúl Rodríguez García
Asesor



Dra. María de Lourdes Virginia Díaz
Jiménez
Asesor



Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Subdirector de Postgrado
UAAAN

Saltillo, Coahuila

Junio 2019

Dedicatoria

A mis padres Fernando Alonso Arroyo y María Victoria Cuevas Arias, por su incondicional amor y apoyo, por sus palabras de aliento cuando más se necesitan, por recordarme cada día que cada situación en la vida se libra luchando y creyendo, que aunque haya malas rachas, siempre viene algo mejor. Por predicar con el ejemplo, siendo unas personas de carácter fuerte, sencillas y generosas, enseñándome que se puede equilibrar la balanza a favor propio si se lucha para obtenerlo.

A mi hermano Fernando Alonso Cuevas, mi mejor amigo, el que sabe discernir entre cada situación para poderme dar un buen consejo, el que siempre está en las malas y en las peores. La figura de acción con la que crecí admirando, por su entrega y dedicación a la vida.

A mi esposa Brenda Alejandrina Reyes Cerda e hija Mayte Victoria Alonso Reyes por ser un impulso y fortaleza cuando se presentan adversidades, también por ser el tesoro que anhelo cuidar siempre, y por ser acompañantes en el sendero hacia la obtención de metas mutuas.

Índice General

Lista de cuadros.....	viii
Lista de figuras.....	vii
Resumen	ix
Abstract.....	xi
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General	3
Objetivos Específicos.....	3
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Importancia del cultivo de tomate.	4
Extractos de plantas como bioestimulantes o promotores de crecimiento.....	4
Especies de las zonas semiáridas del Noreste de México	5
<i>Rhus trilobata</i>	5
<i>Rhus muelleri</i>	6
<i>Flourensia microphylla</i>	6
<i>Flourensia retinophylla</i>	7
<i>Cucurbita foetidissima</i>	8
Compuestos biorreguladores	8
Polifenoles	9
Auxinas	9
Giberilinas	10
Citocininas	10
Aplicación de extractos y biorreguladores	10
Foliar.....	10
Directamente a la semilla.....	11
Calidad de los frutos	11
Vitamina C	11
Licopeno	12
Sólidos solubles totales	12
Firmeza.....	12

MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
Establecimiento de cultivo en invernadero.....	13
Riego y fertilización.....	14
Material genético.....	14
Preparación de soluciones de extractos y biorreguladores.....	15
Aplicación de extractos y biorreguladores.	15
Evaluación de variables de crecimiento de la planta	15
Evaluación de calidad del fruto	17
Diámetro polar y ecuatorial de frutos	17
Firmeza.....	18
Potencial de hidrogeno (pH)	19
Sólidos solubles totales	19
Contenido de vitamina C y licopeno.....	19
Acidez titulable.....	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
Propiedades físicas de la planta	22
Crecimiento longitudinal y de diámetro del tallo.....	22
Número de hojas, peso seco de hojas, tallo y total aéreo de la planta; longitud y peso seco de raíz.....	24
Variables de rendimiento	25
Variables de calidad de fruto	26
Firmeza.....	27
pH	27
Sólidos solubles totales	27
Licopeno	28
Vitamina C	28
Acidez titulable.....	29
CONCLUSIONES	30
REFERENCIAS	31

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Flourensia microphylla</i> (a); <i>Flourensia retinophylla</i> (b).....	6
Figura 2. <i>Rhus trilobata</i> (a); <i>Rhus muelleri</i> (b)	7
Figura 3. <i>Cucurbita foetidissima</i>	8
Figura 4. Plántulas de tomate listas para trasplante.....	13
Figura 5. Distribución de las plantas en el invernadero (a); Diseño experimental (b).....	14
Figura 6. Aplicación de extractos y biorreguladores.....	15
Figura 7. Medición de longitud (a) y diámetro de tallo (b), conteo de numero de racimos y frutos (c).....	16,17
Figura 8. Medición de diámetro ecuatorial de fruto.....	18
Figura 9. Medición de firmeza.....	18
Figura 10. Medición de pH (a); refractómetro de medir solidos solubles totales (b).....	19
Figura 11. Medición de vitamina C (a) y Licopeno (b).....	20,21
Figura 12. Medición de acidez titulable.....	22
Figura 13. Crecimiento longitudinal de tallo.....	24
Figura 14. Crecimiento de diámetro de tallo.....	25
Figura 15. Contenido promedio de vitamina C por tratamiento.....	30
Figura 16. Concentración promedio de acidez titulable por tratamiento.....	31

Lista de Cuadros

Cuadro 1. Efecto de los tratamientos en variables agronómicas del cultivo.....	26
Cuadro 2. Efecto de los tratamientos en el rendimiento del cultivo.....	27
Cuadro 3. Efecto de los tratamientos en la calidad de frutos.....	28

Resumen

EFFECTO DE EXTRACTOS DE PLANTAS DEL SEMIDESIERTO EN LA
INDUCCION DE CRECIMIENTO DE PLANTAS DE TOMATE (*Lycopersicon
esculentum Mill*)

POR

CÉSAR FERNANDO ALONSO CUEVAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DRA. DIANA JASSO CANTÚ - ASESOR

Saltillo, Coahuila

JUNIO 2019

El tomate cultivado en México, está considerado como la hortaliza de mayor importancia por sus niveles de producción. En el contexto de una agricultura sostenible, se utilizan técnicas de manejo del cultivo con sustancias de origen natural (bioestimulantes), que tienen efectos benéficos sobre el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad de los cultivos. Recientemente se ha investigado con extractos polifenólicos que mejoran la capacidad de germinación de semillas, la elongación de tejidos y la acumulación de biomasa. En las zonas semiáridas del noreste de México se han identificado especies con alto contenido de polifenoles y de actividad antioxidante. El objetivo del presente estudio fue evaluar cinco extractos de plantas del semidesierto: *Rhus trilobata*, *Rhus muelleri*, *Flourensia microphylla*, *F. retinophylla* y *Cucurbita foetidissima* como promotores de crecimiento y calidad del fruto en plantas de tomate saladette híbrido EL CID F1, de tipo indeterminado, comparándolos con tres biorreguladores sintéticos, AIA, AG y 6-BAP. El experimento se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México, durante el periodo otoño invierno 2017-2018. El experimento se llevó a cabo bajo un diseño completamente al azar con nueve tratamientos y 12 repeticiones. Los extractos y biorreguladores se aplicaron a la concentración de 75 mg/L en tres ocasiones al cultivo durante su desarrollo. En general los extractos promovieron la longitud y diámetro de tallo, peso seco de hojas, tallo y total aéreo, así como longitud y peso seco de raíz, así mismo en el número y peso de frutos y rendimiento con resultados similares al biorregulador 6-BAP. Se concluye que el extracto de *Rhus muelleri*, mostró la mayor consistencia en la promoción de variables de crecimiento y de rendimiento en plantas de tomate, y puede representar una alternativa para la formulación de un bioestimulante de origen biológico.

Palabras clave: extractos, crecimiento, tomate

Abstract

EFFECT OF SEMIDESERT PLANTS EXTRACTS IN THE GROWTH
INDUCTION OF TOMATOE PLANTS

BY

CÉSAR FERNANDO ALONSO CUEVAS

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

PhD. DIANA JASSO CANTÚ – ADVISOR-

SALTILLO, COAHUILA

JUNE 2019

The tomato grown in Mexico is considered the most important vegetable due to its production levels. In the context of sustainable agriculture, crop management techniques are used with substances of natural origin (biostimulants), which have beneficial effects on the growth, development, yield and quality of the crops. Recently it has been investigated polyphenolic extracts that improve the germination capacity of seeds, the elongation of tissues and the accumulation of biomass. In the semi-arid zones of northeastern Mexico, species with a high polyphenol content and antioxidant activity have been identified. The objective of the present study was to evaluate five extracts of semi-desert plants: *Rhus trilobata*, *Rhus muelleri*, *Flourensia microphylla*, *F. retinophylla* and *Cucurbita foetidissima* as growth promoters and fruit quality in tomato plants hybrid El CID F1, indeterminate type, comparing them with three synthetic bioregulators, AIA, AG and 6-BAP. The experiment was carried out at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, in Saltillo, Coahuila, Mexico, during the fall winter period 2017-2018. The experiment was carried out under a completely randomized design with nine treatments and 12 repetitions. The extracts and bioregulators were applied to the 75 mg/L concentration three times during the development of the culture. In general, the extracts promoted the length and diameter of the stem, dry weight of leaves, stem and aerial total, as well as root length and dry weight, as well as the number and weight of fruits and yield with results similar to the 6-BAP bioregulator. . It is concluded that the extract of *Rhus muelleri*, showed the highest consistency in the promotion of growth and yield variables in tomato plants, and may represent an alternative for the formulation of a biostimulant of biological origin.

Key words: extracts, growth, tomato

INTRODUCCIÓN

México ocupa el décimo lugar a nivel mundial en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y el primero en exportación (FIRA, 2017). El tomate cultivado en el país, está considerado como la hortaliza de mayor importancia por sus niveles de producción (FIRA, 2017).

En el país en 2016, se produjeron 3.3 millones de toneladas de tomate. En el mismo año, la superficie de siembra a campo abierto fue de 36,855 ha, y la superficie establecida con agricultura protegida fue de 15,006 ha, así mismo en ese año el 56.3 % de la producción nacional se concentró en cinco estados: Sinaloa (27.6 %); San Luis Potosí (9.2 %); Michoacán (7.0 %); Baja California (6.7 %) y Zacatecas (5.7 %) (FIRA, 2017). La importancia económica de este cultivo, exigen a una continua búsqueda de tecnologías que contribuyan a mejorar el rendimiento y calidad del fruto.

En el contexto de una agricultura sostenible, se utilizan técnicas de manejo del cultivo con sustancias de origen natural (bioestimulantes), que tienen efectos benéficos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, la resistencia al estrés, el rendimiento y la calidad de los cultivos (Parađiković *et al.*, 2018).

Por otra parte recientemente se han realizado investigaciones con extractos polifenólicos de la corteza de abeto (*Picea abies*) que mejoran la capacidad de germinación de semillas de *Glycine max* L. y *Helianthus annuus*. (Tanase *et al.*, 2011), así como la elongación de tejidos y la acumulación de biomasa de *Ocimum basilicum* L. (Talmaciu *et al.*, 2015), el extracto polifenólico de semilla de uva estimuló el alargamiento de la raíz de avena (*Avena sativa*) y el maíz (*Zea mays*), así como la acumulación de biomasa verde (Ingat *et al.*, 2011a), también hay estudios de otras especies que tienen compuestos polifenólicos, actividad antioxidante e incluso capacidad antifúngica (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2015).

En las zonas semiáridas del noreste de México se han identificado especies con alto contenido de polifenoles y de actividad antioxidante como los son *Rhus muelleri*, (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2015); *Flourensia microphylla* (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2017a); *F. retinophylla* (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2017b). Por

otra parte en las semillas de *Cucúrbita foetidissima*, se encontraron un elevado contenido total de ácidos grasos insaturados que tienen una alta estabilidad oxidativa, con un elevado porcentaje de insaturación total (Stevenson *et al.*, 2007). Considerando los resultados de investigación con compuestos polifenólicos antes citados, es que ha surgido el interés de evaluar los extractos de plantas del semidesierto (*Rhus trilobata*, *R. muelleri*, *Flourensia microphylla*, *F. retinophylla* y *Cucurbita foetidissima*), como promotores de crecimiento en el cultivo de tomate, debido a que contienen compuestos químicos similares a los evaluados por los investigadores antes citados (Ingat *et al.*, 2011b; Tanase *et al.*, 2011; Talmaciu *et al.*, 2015)

Objetivo General

Evaluar cinco extractos vegetales de plantas del semidesierto como inductores del crecimiento en plantas de tomate híbrido (EL CID F1) de tipo indeterminado, comparándolos con tres biorreguladores.

Objetivos Específicos

- a) Evaluar el efecto de los extractos de *Rhus trilobata*, *R. muelleri*, *Flourensia microphylla*, *F. retinophylla* y *Cucurbita foetidissima* en la inducción de variables de crecimiento: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de frutos, peso de fruto y rendimiento de fruto por planta en el tomate híbrido EL CID F1, de crecimiento indeterminado, comparándolo con tres bioreguladores, ácido indolacético, ácido giberélico y 6 bencilaminopurina.

- b) Determinar el comportamiento de los extractos en la inducción de la calidad del fruto de tomate: diámetro ecuatorial y polar, firmeza, sólidos solubles totales, pH, vitamina C, licopeno y acidez titulable

Hipótesis

Los extractos de las plantas de las Zonas Semiáridas del Noreste de México contienen compuestos químicos que inducen el crecimiento, rendimiento y calidad del fruto en plantas de tomate como los reguladores.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia del cultivo de tomate.

México ocupa el décimo lugar a nivel mundial en la producción de tomate y el primero en exportación (FIRA, 2017). El tomate cultivado en el país, está considerado como la hortaliza de mayor importancia por sus niveles de producción (FIRA, 2017).

En el país en 2016, se produjeron 3.3 millones de toneladas de tomate. En el mismo año, la superficie de siembra a campo abierto fue de 36,855 ha, y la superficie establecida con agricultura protegida fue de 15,006 ha, así mismo en ese año el 56.3 % de la producción nacional se concentró en cinco estados: Sinaloa (27.6 %); San Luis Potosí (9.2 %); Michoacán (7.0 %); Baja California (6.7 %) y Zacatecas (5.7 %) (FIRA, 2017). Estas características obligan a una continua búsqueda de tecnologías que contribuyan a mejorar el rendimiento y calidad del fruto (Ramírez et al., 2018).

En el contexto de una agricultura sostenible, se utilizan técnicas de manejo del cultivo con sustancias de origen natural (bioestimulantes), que tienen efectos benéficos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, la resistencia al estrés, el rendimiento y la calidad de los cultivos (Parađiković et al., 2018).

Extractos de plantas como bioestimulantes o promotores de crecimiento

Ignati et al (2009) evaluaron el efecto en la germinación de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de los extractos fenólicos obtenidos de tres fuentes (*Asclepias syriaca*, semilla de *Vitis vinífera*, y corteza de *Picea abies*), los extractos estimularon la elongación de la radícula a las concentraciones menores del contenido total de fenoles (CTF), en las concentraciones altas de CFT, el peso fresco de la radícula fue inhibido. Los autores citan que los extractos podrían tener efectos inhibidores o estimuladores en función del procedimiento de extracción, la concentración y la naturaleza de los compuestos extraídos. Por otra parte el extracto polifenólico de la corteza de *Picea abies* como bioregulador, fué probado durante dos años en girasol (*Helianthus annuus* L.), las plantas tratadas

con el extracto, en comparación con el control obtuvieron mayor cantidad de biomasa, incrementándose la tasa de asimilación, así como tasa de transpiración y la concentración de CO₂ en la cavidad subestomatal (Tanase *et al.*, 2014). El extracto de *P. abies* promovió en plántulas de maíz, mejor desarrollo de los pelos absorbentes, así como mayor número de haces principales y del metaxilema de los vasos centrales, en comparación con el control (Tanase *et al.*, 2016). Además se se llevó a cabo la evaluación del extracto de *P. abies* en semillas de albahaca dulce (*Ocimum basilicum* L.), promoviendo una mayor capacidad de germinación de semillas, crecimiento de raíces y tallos, acumulación de biomasa y síntesis de pigmentos de fotoasimilación en la planta. Se observó que las concentraciones altas del extracto, inhibieron la síntesis de pigmentos de clorofila y carotenoides (Talmaciu *et al.*, 2015).

En las plantas, los polifenoles son compuestos químicos bioactivos que resultan del metabolismo secundario de las mismas y que poseen importantes y diversas actividades biológicas en el crecimiento y la reproducción de las plantas, proporcionando una protección eficiente contra patógenos y depredadores, además de contribuir al color y las características sensoriales de las frutas y verduras (Ignat *et al.*, 2011b). Los compuestos fenólicos además actúan como fitoalexinas, como antialimentarios, atrayentes para polinizadores, contribuyentes a la pigmentación de plantas, antioxidantes y agentes de protección contra la luz ultravioleta, entre otros (Biesalski *et al.*, 2009 y Stingu *et al.*, 2012). Popa *et al.* (2010) reportaron que los extractos de plantas con alto contenido de polifenoles podrían ser utilizados como materia prima para la producción de compuestos bioactivos de alto valor agregado.

Especies de las zonas semiáridas del Noreste de México

Rhus trilobata

Rhus trilobata Nutt, es una planta distribuida desde Alberta y Saskatchewan, Canadá a México, el nombre común en Estados Unidos es squaw berry (Li *et al.*, 1999). Existe escasa información científica sobre la composición química de esta planta. Rodríguez-Palomares *et al.* (2014) han reportado que los extractos de

metanol de las hojas de *R. trilobata* contienen alta concentración de polifenoles y elevada actividad antioxidante.

Rhus muelleri

Rhus muelleri Standl et Barkley es una planta endémica del Noreste de México (Tropicos, 2014). Perteneciente al género *Lobadium*, se distribuye en la Sierra Madre Oriental y el Altiplano Mexicano, en zonas templadas con tipo de vegetación de bosque de pino-encino entre los 2,000-2,500 m de altitud (Andrés-Hernández et al., 2006). Por otra parte en relación a la composición química del extracto de *R. muelleri*, Jasso de Rodríguez et al. (2015) identificó en el extracto de etanol de las hojas ocho compuestos bioactivos, entre los cuales de naturaleza esterol y fenólica, además el extracto reportó contenido total de fenoles y capacidad antioxidante con valores más altos que los reportados para otras especies de *Rhus*.



Figura 1. *Rhus trilobata* (a); *Rhus muelleri* (b)

Flourensia microphylla

Flourensia microphylla (Gray) S.F. Blake [Encelia m. Gray], es un arbusto muy ramificado, de 0.5 a 1 m de altura, con tallos de color marrón púrpura, estriado, densamente hispido-piloso con pelos incurvados y crece en laderas rocosas de tierras secas (Dillon, 1984). Los extractos de las hojas de *F. microphylla* en etanol y acetona poseen un contenido total de fenoles de 1276.1 y 852.2 mg/100 mg de extracto, respectivamente; además los mismos extractos poseen

porcentajes de actividad oxidante de 69 y 59, respectivamente (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2017a). Además el perfil fenólico de los extractos de las hojas en etanol y acetona por LC-MS/MS mostró la presencia de compuestos de naturaleza cafeoilquínicos y flavonoides; también el análisis por GC-MS confirmó la presencia de compuestos de carbonos hidrocarburos oxigenados y algunos nitrogenados de la familia de las amidas, así como polioles y ésteres de ácidos grasos (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2017a). Actividad antifúngica del extracto etanólico de las hojas de *F. microphylla*, *in vitro*, contra *F. oxysporum*, *Alternaria alternata*, *Rhizoctonia solani* y *Rhizopus stolonifer* fue reportado por Jasso de Rodríguez *et al.* (2007, 2017b).



Figura 2. *Flourensia microphylla* (a), *Flourensia retinophylla* (b),

Flourensia retinophylla

F. retinophylla S.F. Blake, es un arbusto glutinoso, aromático, muy ramificado, de 1–2.5 m de altura; tallo joven de color marrón rojizo, corteza de negro a marrón y crece en laderas rocosas (Dillon, 1984). Se tiene información científica reciente de que el extracto de las hojas en etanol de esta planta posee un elevado contenido total de fenoles (32 mg GAE/ 100 mg de extracto) y el porcentaje de capacidad antioxidante es de 50.1 (DPPH), además los compuestos químicos identificados en este extracto por GC-MS, fueron de naturaleza amida (Jasso de Rodríguez *et al.*, 2017b).

Cucurbita foetidissima

Cucurbita foetidissima HBK, es un cucurbitácea semixerofita nativa de tierras áridas, praderas del suroeste de los Estados Unidos y el norte de México. Tiene varios nombres comunes, incluyendo calabaza de búfalo, calabaza de Missouri, chile coyote, calabacilla loca y calabaza fétida. Se extiende desde las Grandes Llanuras del norte de Estados Unidos hasta el centro de México (DeVeaux y Shultz, 1985). Stevenson et al. (2007), evaluaron el potencial de la semilla de *Cucurbita foetidissima*, mostrando que el contenido de aceite fue de 36 % e identificaron que el contenido de ácidos grasos varió de 3.5 % para el esteárico hasta 60.6 % para el linoléico. El contenido total de ácidos grasos insaturados varió de 82.5 % a 87.6 %. Lo anterior indica que el aceite del fruto de esta planta tiene una alta estabilidad oxidativa, que le confiere un gran potencial de aplicación alimenticia e industrial y que debido al elevado porcentaje de insaturación total podría mejorar la nutrición de la dieta humana.



Figura 3. *Cucurbita foetidissima*

Compuestos biorreguladores

Los reguladores del crecimiento de las plantas se pueden definir como compuestos sintéticos o naturales que afectan los procesos de desarrollo en plantas de cultivo en bajas dosis de una manera deseada sin tener un valor nutritivo o ser fitotóxico, principalmente con un aumento o reducción en el crecimiento longitudinal de plantas o partes de plantas. Como muchos otros

procesos también pueden verse afectados, como la floración, la formación de frutos, la maduración, la caída de frutos, la defoliación o los rasgos de calidad, el término biorregulador de plantas es cada vez más preferido para cubrir el amplio rango de usos potenciales más adecuadamente (Rademacher, 2004).

Polifenoles

Los polifenoles son compuestos encontrados en todas las plantas, actúan protectores de rayos UV, contra patógenos y tienen importante papel en el desarrollo y crecimiento de estas mismas. Han demostrado actuar como antioxidantes y atrapadores de radicales libres, además, pueden actuar como las hormonas de crecimiento auxinas y citoquininas (Ignat et. al, 2013). Son considerados metabolitos secundarios como flavonoides, isoflavonoides, antraquinonas, antocianidinas y xantonas, que actúan como capturadores y estabilizadores de radicales libres, para poder producir quelación de metales con grupos carboxilos (Doval et. al, 2003)

Auxinas

Las auxinas se encuentran en mayores cantidades en las partes donde se presentan procesos activos de división celular, lo cual se relaciona con sus funciones fisiológicas asociadas con la elongación de tallos y coleóptilos, formación de raíces adventicias, inducción de floración, diferenciación vascular, algunos tropismos y promoción de la dominancia apical (Mc Steen and Zhao, 2008).

La forma predominante de auxina en las plantas es el ácido indolacético (IAA) que regula el desarrollo y crecimiento, la división y diferenciación celular. En horticultura se utiliza para estimular la formación de raíces adventicias, también para la formación de raíces a partir del crecimiento de los tallos y coleóptilos, inhiben el crecimiento de la raíz primaria estimulando solo la formación de raíces secundarias, debido también a que promueven la biosíntesis de la hormona etileno que inhibe el crecimiento radicular. (Jordán y Casaretto, 2006).

Giberilinas

Actúan como reguladores del crecimiento controlando diversos procesos de las plantas, como la germinación, la elongación del tallo, expansión de las hojas, la inducción de floración y frutos (Ortega *et al.*, 2013).

El efecto más notable de las Giberelinas es inducir crecimiento longitudinal del tallo de la planta y promover el desarrollo de la floración en las plantas, particularmente en aquellas de día largo. También se les atribuye que ayudan a la germinación de semillas en dormancia y promueven el desarrollo de frutos, así como también la partenocarpia en el caso de las uvas. También pueden promover el desarrollo del fruto después de ocurrida la polinización. Haciendo uso de las giberelinas es posible retardar el envejecimiento para aplazar su periodo dentro del mercado (Jordán y Casaretto, 2006).

Citocininas

Las citocininas son sustancias que, ayudan en varios procesos como el crecimiento y desarrollo de plantas. Solo se sintetizan en la punta de las raíces, son mensajeras a larga distancia (Jordán y Casaretto, 2006).

El 6-bencil aminopurina (6- BAP) es un regulador de crecimiento de las plantas de la clase de citocininas. Es responsable de procesos de división celular, el crecimiento y elongación de las células, la germinación de semillas, induce el crecimiento nuevos brotes en dormancia e inhibe el proceso de envejecimiento de las hojas (Srivastava, 2002). Las citocininas se sintetizan en tejidos jóvenes o meristemáticos como yemas del tallo, semillas de germinación y ápices radiculares, para luego ser transportadas vía xilema hacia las hojas y luego se transporta vía floema hacia otros órganos como los frutos y están involucrados en el control y regulación de la maduración de los frutos (Davies, 2010).

Aplicación de extractos y biorreguladores

Foliar

Para aplicar productos químicos u orgánicos, como mejoradores de las plantas, se han utilizado distintas técnicas, ya sea por medio de riego, aspersión, o incluso

directamente en la semilla (Al-Amri, 2013). Se ha demostrado y estudiado que el uso de bioreguladores, extractos vegetales o fitohormonas, pueden mejorar y modificar el comportamiento fenológico de los cultivos a los que se les aplica. Así, el resultado de estos mismos, también varía conforme a la técnica utilizada. Extractos vegetales como algas marinas, han sido utilizados para obtener un mejor rendimiento en el cultivo de tomate, resultando un incremento en el alargamiento de raíz, comparado con un control (Zodape *et al.*, 2011). También mediante aplicaciones foliares puede variar la aparición de flores en las plantas (Zaller, 2006).

Directamente a la semilla

Una forma de implementar esta técnica es sumergir las semillas del cultivo durante un determinado tiempo, para que el bioestimulante o bioregulador penetre la semilla, y así poder lograr que variables como la altura, peso fresco y seco de hojas se modifiquen (Al-Amri, 2013)

Calidad de los frutos

Vitamina C

El ácido ascórbico es una vitamina hidrosoluble, derivada de un azúcar ácido derivado del ácido glucónico que se sintetiza a partir de la glucosa. Bioquímicamente, la vitamina C es un polvo cristalino, blanco e inodoro, muy soluble en agua y relativamente insoluble en disolventes orgánicos. Parte de los mamíferos y de las plantas sintetizan esta vitamina de forma endógena a partir de la glucosa. Entre los alimentos con niveles altos de esta, figuran tomates, patatas y cítricos como las limas, naranjas y limones. Hay estudios que hablan del poder protector frente a dos grandes enfermedades que son de las principales causas de muerte, el cáncer y las enfermedades vasculares, además la ingesta de vitamina C no ocasiona daños a la salud (Valdés, 2006).

Licopeno

Es un carotenoide, pigmento responsable de la característica coloración roja del tomate y se sintetiza exclusivamente por plantas y microorganismos. Una de las funciones del licopeno y otros compuestos relacionados con los carotenoides es la de absorber la luz durante la fotosíntesis, protegiendo a la planta contra la foto sensibilización (Waliszewski y Blasco, 2010). Las propiedades biológicas, así como las funciones de los carotenoides están determinadas por las propiedades químicas de estos compuestos y por lo tanto, por su estructura química. Muchas de las enfermedades descritas actualmente en el hombre, como son el cáncer y la enfermedades cardíacas, se asocian a los procesos de oxidación celular mediados por los radicales libres (Periago *et al.*, 2001).

Sólidos solubles totales

La asociación de calidad en frutos se puede dar por el contenido de azúcares que este contiene, y se puede decir que esta va asociada de la misma manera con el grado de madurez de cada fruto, los azúcares almacenados en el pericarpo son por lo general glucosa, entre más dulce tiene mejor calidad (Montaño y Méndez, 2009).

Firmeza

La firmeza en frutos es una medida que va más relacionada a la comercialización, ya que con esta medida es posible conocer el tiempo que pueden tener almacenado el fruto. La firmeza y la madurez son inversamente proporcionales, ya que mientras la firmeza disminuye, el color en los frutos incrementa, como pasa en el tomate, aguacate, etc, también estas dos propiedades varían con la temperatura (Valero y Ruiz, 1998)

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento de cultivo en invernadero

El estudio se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México, durante el periodo otoño-invierno 2017-2018, en el invernadero de alta tecnología del Departamento de Forestal, con una estructura metálica con cubierta en el techo de plástico blanco (calibre 720) y placas de policarbonato en las paredes laterales.

Las semillas de tomate saladette híbrido CID F1, se sembraron en un semillero de 200 cavidades. Cuando las plántulas tenían un promedio de 14.2 cm de altura (figura 4), se realizó el trasplante (día 24 de Octubre, 2017), a macetas de plástico con un volumen de 20 litros, usando como sustrato peat moss y perlita (1:1), el sustrato ocupó un volumen de 15 litros. Las macetas fueron distribuidas a una distancia de 50 cm entre plantas y 75 cm entre filas (Figura 5-a)



Figura 4. Plántulas de tomate listas para trasplante.

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar, se evaluaron nueve tratamientos, cinco extractos de plantas: *Rhus trilobata* (RT); *Rhus muelleri* (RM); *Flourensia microphylla* (FM); *Flourensia retinophylla* (FR) y *Cucurbita foetidissima* (CF) y tres biorreguladores: Acido indolacético (AIA); Acido giberélico (AG) y 6 Bencil aminopurina (6-BAP) y un control (sin extracto ni biorregulador; CTRL), con 12 repeticiones por cada tratamiento, una planta por repetición (Figura 5-b).

La numeración de los tratamientos fue: T1, CTRL; T2, RT; T3, RM; T4, FM; T5, FR; T6, CF; T7, AIA; T8, AG; T9, 6-BAP.



(a)

(b)

Figura 5. Distribución de las en el invernadero (a), diseño experimental (b).

Riego y fertilización

Un sistema de riego por goteo fue utilizado, en cada maceta se colocó un gotero de alto flujo, la dosificación de los riegos fue cambiando conforme al crecimiento de la planta, empezando por 2 riegos al día y finalizando con 4 al día, aproximadamente 600 ml por cada riego. La fertilización se realizó a través del riego, utilizando la solución de Steiner (1966). La concentración de la solución fue cambiando conforme al crecimiento de la planta, empezando al 25% desde el trasplante hasta cuando se empezaron a ver las primeras flores, enseguida al 50% cuando el cultivo estaba en etapa de floración, continuando al 75% cuando el cultivo iniciaba la etapa de fructificación y al 100% cuando las flores del primer racimo del cultivo tuvieron la presencia de fruto.

Material genético

Se utilizó el tomate saladette híbrido **CID F1**, de crecimiento indeterminado. Planta muy vigorosa y muy productiva, especialmente recomendada para obtener producciones precoces, tanto en campo como en invernadero, de fruto grueso, multilocular, de 270-300 gr. con hombro verde y forma redonda ligeramente aplanada. Destaca por su firmeza y resistencia al rajado pese a su gran tamaño.

Preparación de soluciones de extractos y biorreguladores

La concentración utilizada de los extractos y de los biorreguladores fue de 75 mg L⁻¹. En el caso de los extractos se tomaron 75 mg de cada extracto y se diluyeron en 20 ml de etanol, después, se aforó a 1 litro de agua destilada. Los biorreguladores, contaban con una pureza de 98%, por lo que se pesaron 102 mg y se diluyeron con etanol, para después aforar a 1 litro con agua destilada y así obtener una solución de 100 mg L⁻¹, de esta solución se tomaron 375 ml y se aforó a 500 ml con agua destilada, para obtener una solución final de 75 mg L⁻¹.

Aplicación de extractos y biorreguladores.

Los extractos y biorreguladores fueron aplicados tres veces de forma foliar durante el desarrollo del cultivo: la primera aplicación al trasplante (24 de octubre, 2017) (Figura 6), la segunda a los 34 después de trasplante (27 de noviembre, 2017), cuando las plantas presentaban un 50% de floración y la tercera a los 55 DDT (18 de diciembre, 2017), cuando se presentaron los primeros frutos.



Figura 6. Aplicación de extractos y biorreguladores

El cultivo se manejó a un tallo durante el ciclo del experimento. Con el fin de detener el crecimiento longitudinal, se realizó un corte apical a los 101 DDT, cuando la mayoría de las plantas contaban con 6 racimos.

Evaluación de variables de crecimiento de la planta

Se midieron las variables de: crecimiento longitudinal de tallo con una cinta métrica (cm) (Figura 7-a), crecimiento de diámetro de tallo con un vernier digital marca Mitutoyo (mm) (Figura 7-b), número de hojas, número de frutos (Figura 7-

c). Los datos fueron recopilados a partir del trasplante cada 15 días. La cosecha de frutos se realizó durante el periodo de 126 a 157 DDT. Los frutos se cosecharon a medida que fueron madurando, del primer hasta el sexto racimo(número máximo de racimos). En la evaluación del peso de fruto y rendimiento, solamente se consideraron los frutos que tenían un peso mayor a 50 gr. Al final del ciclo (157 DDT), se cosechó la parte aérea (hojas y tallo) de cada planta y se determinó el peso seco de cada parte y total. En la evaluación de la raíz de las plantas, se procedió a eliminar con agua el sustrato, con la finalidad de separar las raíces del sustrato. Se midió la longitud de raíz, y se determinó el peso seco.



(a)

(b)



(c)

Figura 7. Medición de longitud (a) y diámetro de tallo (b), conteo de número de racimos y frutos (c).

Evaluación de calidad del fruto

Las pruebas de calidad de fruto se efectuaron en cinco tomates del primer racimo, cuando estaban en maduración 5 (Casierra y Aguilar, 2008). Las variables evaluadas fueron: diámetro polar, diámetro ecuatorial, firmeza, pH, sólidos solubles totales, contenido de vitamina C, contenido de licopeno y acidez titulable.

Diámetro polar y ecuatorial de frutos

Para el diámetro polar se midió la distancia entre el pedúnculo y el ápice con un vernier digital marca Mitutoyo en mm. Para el diámetro ecuatorial, los frutos se midieron tomando la distancia central (longitud transversal en mm)



Figura 8. Medición de diámetro ecuatorial

Firmeza

Las mediciones se tomaron en el eje ecuatorial de cada uno de los cinco frutos, en dos caras, con un penetrómetro (QA supplies, Norfolk, VA, USA). Se perforó la corteza del tomate hasta llegar a la pulpa sosteniendo firmemente el penetrómetro con puntilla de 8 mm. La fuerza se aplicó en un lapso de 2 segundos, con movimiento suave y lento, los resultados se expresaron en kilogramo por centímetro cuadrado (Kg/cm²) (Pérez-Labrada *et al.*, 2014).



Figura 9. Medición de firmeza

Potencial de hidrogeno (pH)

El pH se midió con un potenciómetro marca Hanna (Instruments Inc., Romania) y se utilizó solución buffer para calibrar el equipo (AOAC, 1997). Los cinco tomates se trituraron durante un minuto con un molino marca Braun, y se vaciaron en un frasco en donde se introdujo el potenciómetro para medir el pH.



(a)

(b)

Figura 10. Medición de pH (a); refractómetro para medir sólidos solubles totales (b).

Sólidos solubles totales

Los sólidos solubles totales se midieron con un refractómetro (ATAGO, Co. Ltd., Japan), de acuerdo al método 932.12 Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1997). Brevemente: se colocó una pequeña cantidad de pulpa molida del fruto y se tomó la lectura para determinar el cociente total de sacarosa (°Brix). Estas mediciones se realizan para conocer la dulzura del fruto, que es indicativo de buen sabor.

Contenido de vitamina C y licopeno

Se tomó una muestra de tomate 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 tomate, 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 μm y se mantuvo en viales a 4 °C hasta su análisis en HPLC. Los resultados se expresaron en miligramos de Vitamina C por

100gramos de tomate (mg Vitamina C/100 g tomate) (Gutiérrez *et al.*, 2007). Para licopeno se tomó una muestra de tomate molido (0.25g), 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 μ L en un equipo HPLC, marca Agilent 1200 de bomba cuaternaria, automuestreador y columna analítica Zorbax Eclipse XDB-C18, 4.6 X 150mm, 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 1mL/min. Los resultados se expresaron en miligramos de licopeno por 100 gramos de tomate (mg licopeno/100 g tomate) (Arias *et al.*, 2000).



(a)



(b)

Figura 11. Medición de vitamina C (a) y Licopeno (b).

Acidez titulable

La acidez titulable se llevó a cabo de acuerdo a la metodología de la AOAC (1997). La pulpa de tomate molida se centrifugó por 20 minutos a 6000 rpm. Una muestra del jugo sobrenadante, se filtró a través de un embudo, utilizando una gasa. Se tomaron diez mililitros del filtrado y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 125 mL, este procedimiento se repitió tres veces. A las muestras en los matraces se le añadieron 4 gotas de fenolftaleína al 1%. En una bureta se colocó un volumen conocido de NaOH 0.1N y se tituló la muestra de jugo de tomate, hasta el punto de cambio de color, a rosa. Se calculó el porcentaje de ácido presente en las muestras con la siguiente ecuación:

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

Alícuota valorada

Datos.

mEq: miliequivalentes de ácido que se encuentra en mayor proporción en la muestra; 0.064 para el ácido cítrico, 0.067 para el ácido málico y 0.075 para el ácido tartárico.



Figura 12. Medición de acidez titulable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades físicas de la planta

Crecimiento longitudinal y de diámetro del tallo

En la variable crecimiento longitudinal de tallo (Fig. 13), hubo diferencia significativa entre tratamientos ($P = 0.05$), el biorregulador AG produjo el mayor crecimiento de tallo durante el ciclo de cultivo, seguido en crecimiento por los cinco extractos vegetales (RT, RM, CTRL, FM, FR, y CF) y los dos bioreguladores (6BAP y AIA), que fueron estadísticamente iguales, la menor longitud fue para el tratamiento AIA. Por otra parte el crecimiento del diámetro de tallo de las plantas de tomate aumentó significativamente desde el inicio hasta los 30 DDT (Fig. 14), a partir de esta fecha y hasta los 45 DDT la tasa de crecimiento disminuyó en los tratamientos y posteriormente se frenó o ralentizó. Ortega *et al.* (2010), citan que el crecimiento de diámetro de tallo se reduce o detiene, debido a que los nutrientes asimilados son dirigidos para el desarrollo de frutos. Los mayores diámetros de tallo fueron para los cinco extractos de plantas, el biorregulador 6-BAP y el control que fueron estadísticamente iguales ($P = 0.05$), el tratamiento AG presentó el menor diámetro durante el ciclo del cultivo. Los extractos vegetales, contienen compuestos bioactivos que influyeron en un elevado crecimiento de longitud y de diámetro en los tres tratamientos. Ha sido demostrado que los extractos fenólicos de especies de plantas, actúan como bioestimulantes de procesos fisiológicos (Ignat *et al.*, 2011a). Tanase *et al.* (2013), encontraron que el extracto acuoso de la corteza de *Picea abies*, influyó en el crecimiento de los explantes de *Lavandula angustifolia* Mill, el extracto indujo un aumento en el crecimiento longitudinal del tallo principal, el número de hojas formadas y aumento en la síntesis de pigmentos foto asimilados.

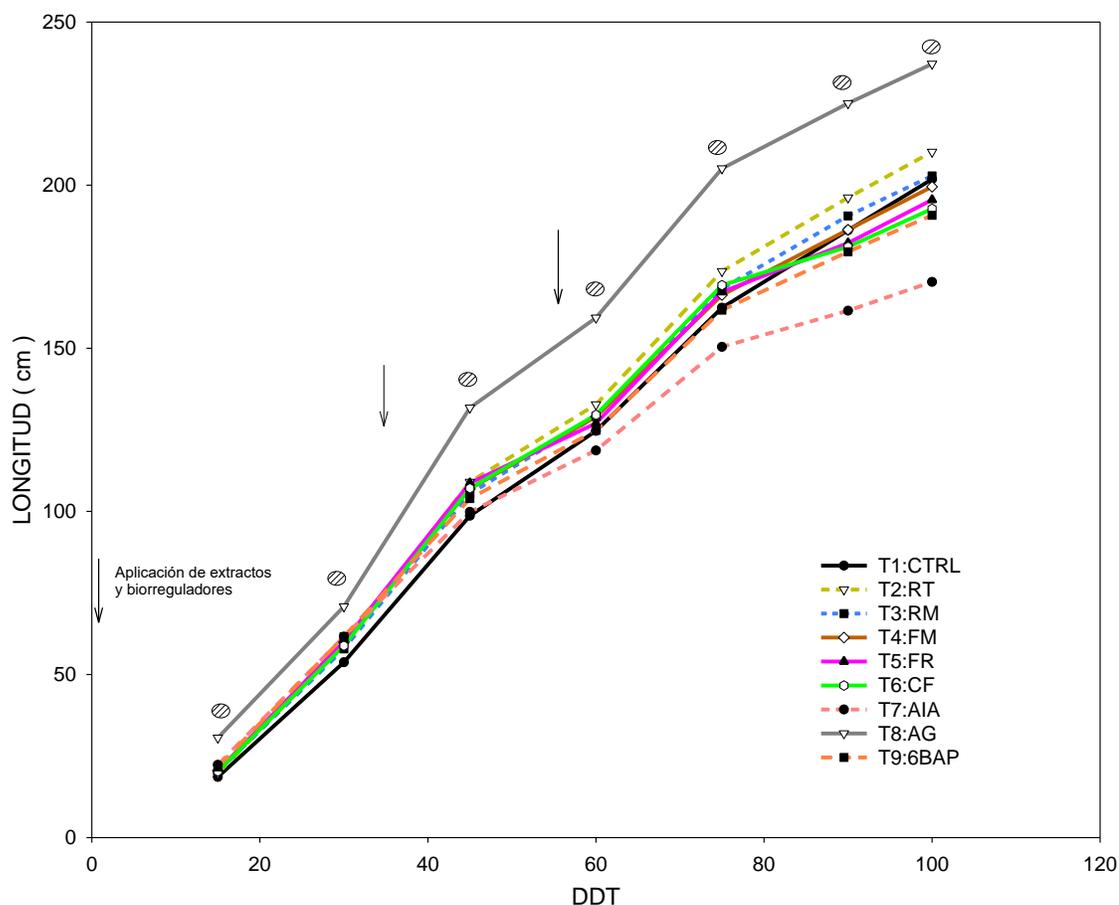


Figura 13. Crecimiento longitudinal de tallo. Cada punto representa la media de 12 repeticiones; $\textcircled{\ominus}$ Representa diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$).

Por lo anterior en el presente estudio el efecto de inducción de crecimiento longitudinal y del diámetro del tallo en los tratamientos de los extractos evaluados, podría atribuirse a los compuestos químicos que contienen, principalmente fenoles. El mayor crecimiento longitudinal del tallo observado en el tratamiento AG, es debido a una mayor estimulación de la división y elongación celular en la porción sub apical de los tallos y también en el meristemo intercalar, como ha sido previamente reportado (Ramírez *et al.*, 2005), por otra parte al promover mayor crecimiento longitudinal redujo el crecimiento del diámetro de tallo en este tratamiento. También los reguladores de crecimiento AIA y 6-BAP promovieron la división y elongación celular que estimula el crecimiento longitudinal y de diámetro de tallo (Giovannoni, 2001; Gravel *et al.*, 2007). Por lo anterior

podríamos considerar que los extractos evaluados actúan estimulando el crecimiento longitudinal y de diámetro de tallo como el 6-BAP y AIA.

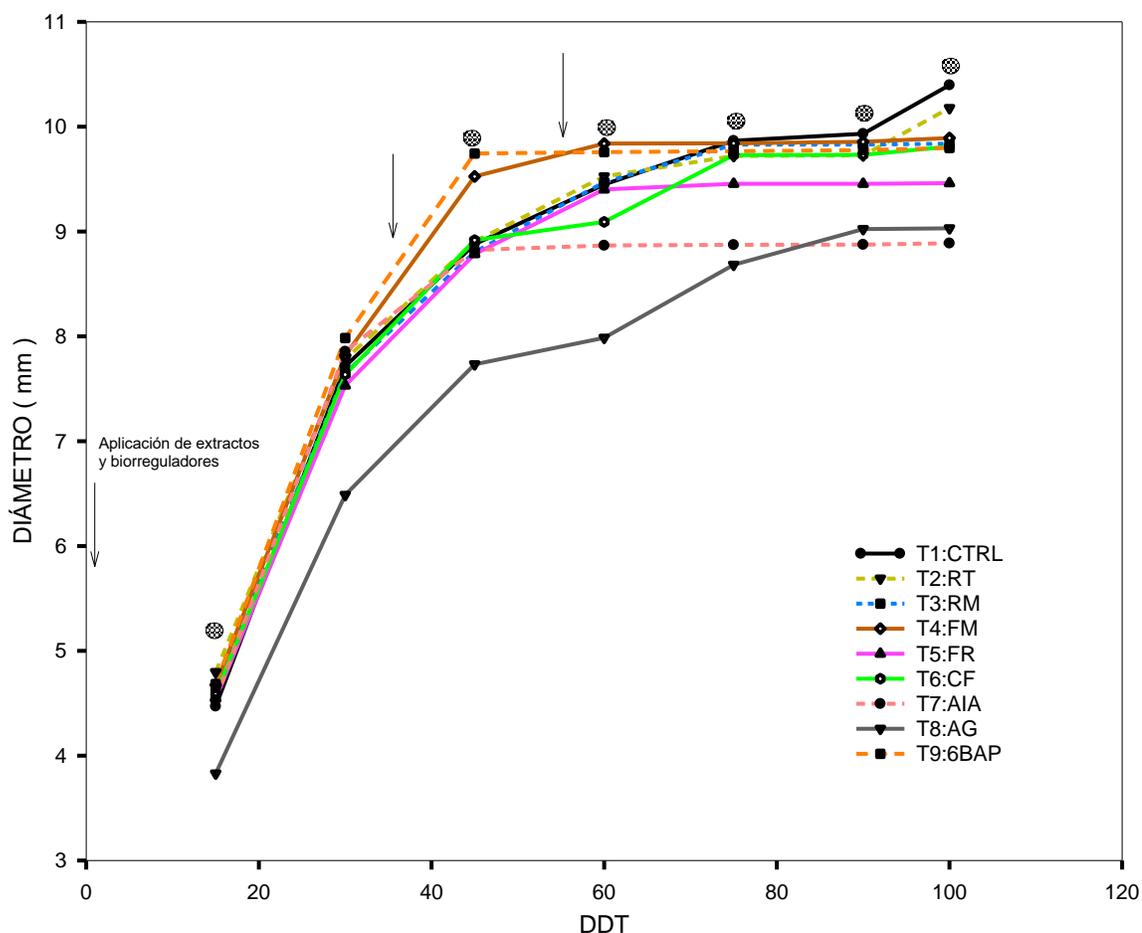


Figura 14. Crecimiento de diámetro de tallo. Cada punto representa la media de 12 repeticiones; ⊗ Representa diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$).

Número de hojas, peso seco de hojas, tallo y total aéreo de la planta; longitud y peso seco de raíz

Se presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre tratamientos para las variables: número de hojas, peso seco de hojas, tallo y total aéreo de la planta; longitud y peso seco de raíz (Cuadro 1). El tratamiento AG, presentó el mayor número de hojas lo cual se atribuye a mayor crecimiento longitudinal de tallo que tuvieron las plantas durante el ciclo, en comparación con los otros tratamientos que tuvieron menor número y fueron estadísticamente iguales. En cuanto a peso seco de hojas y aéreo total, los extractos de las cinco especies evaluadas

promovieron un peso similar al de las plantas donde se aplicó el AG. En lo que respecta al peso de tallo, los extractos de RT y RM promovieron pesos similares al tratamiento AG. En relación a la longitud de raíz el extracto de FM, AIA y 6-BAP presentaron la mayor longitud y fueron estadísticamente iguales, los tratamientos restantes tuvieron menor peso y fueron iguales. En cuanto el peso seco de raíz, los extractos de RT, RM y FM presentaron un efecto similar al de 6-BAP. Ignat *et al.* (2013), citan que los compuestos fenólicos de las plantas pueden actuar de forma similar a las hormonas de crecimiento, auxinas y citoquininas. Por otra parte Ignat *et al.* (2009) evaluaron el efecto en la germinación de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de los extractos fenolicos obtenidos de tres fuentes (*Asclepias syriaca*, semilla de *Vitis vinifera*, y corteza de *Picea abies*), los extractos estimularon la elongación de la radícula a las concentraciones menores del contenido total de fenoles. Lo anterior confirma los resultados de crecimiento de la raíz obtenidos por efecto de los extractos en el presente estudio.

Cuadro 1. Efecto de los tratamientos en variables agronómicas.

Tratamiento	No. de hojas	PS Hojas	PS Tallo	Peso seco aéreo total	Long. de raíz	Peso seco raíz
		(g)	(g)	(g)	(cm)	(g)
T1	24.1 B	129.6 A	44.3 A	174 A	75.3 AB	8.6 A
T2	24.3 B	102.3 BC	36.8 ABC	139.1 B	57.4 B	5.3 B
T3	23.5 B	99.8 BC	35.8 ABC	135.6 BC	79 AB	4.3 BC
T4	24.0 B	90.5 BC	33 BCD	123.6 BC	87.9 A	4.2 BC
T5	24.5 B	92.9 BC	30.5 CD	121.5 BC	77.7 AB	3 D
T6	23.4 B	89.2 BC	29.4 CD	118.6 BC	82.1 AB	3.8 CD
T7	23.4 B	79.6 C	25.4 D	105 C	98 A	3.5 CD
T8	28.6 A	92.9 BC	41.5 AB	134.4 BC	77.8 AB	4.1 BCD
T9	21.6 B	104.6 B	30.7 CD	135.4 BC	90.2 A	4.5 BC
C.V.	11.31	18.90	21.18	18.78	24.47	20.58

T1=CTRL; T2=RT; T3=RM; T4=FM; T5=FR; T6=CF; T7=AIA; T8=AG; T9=6BAP; valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a $P \leq 0.05$.

Variables de rendimiento

Los análisis estadísticos de las variables de rendimiento presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 2). Para número de frutos los extractos de RT, RM, FM y CF presentaron un efecto similar al de 6-BAP. En

cuanto al peso medio de fruto por planta, los extractos RT, RM y FM presentaron pesos similares a 6-BAP con valores de 94.8 a 96.1 gramos. El extracto de RM fue el que sobresalió en rendimiento (3.1 Kg/planta) junto con el biorregulador 6-BAP (2.9 Kg/planta), en relación a los otros extractos y biorreguladores. Los resultados muestran que el extracto de RM, tuvo un efecto estimulante consistente de estas tres variables de rendimiento en las plantas de tomate.

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos en el rendimiento de cultivo.

Tratamiento	Numero de frutos	Peso medio de fruto por planta (g)	Rendimiento (Kg/planta)
T1	34 A	105 A	3.5 A
T2	28.6 AB	96.1 AB	2.7 BC
T3	32 AB	95.9 AB	3.0 AB
T4	28 AB	94.8 AB	2.6 BC
T5	27 B	91.8 B	2.4 BC
T6	30.2 AB	87.7 BC	2.6 BC
T7	25.9 BC	87.9 BC	2.3 CD
T8	20.3 C	79.1 C	1.6 D
T9	31.4 AB	95.1 AB	2.9 ABC
C.V.	18.04	10.16	20.08

T1=CTRL; T2=RT; T3=RM; T4=FM; T5=FR; T6=CF; T7=AIA; T8=AG; T9=6BAP; valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a $P \leq 0.05$.

Variables de calidad de fruto

En las variables diámetro polar y ecuatorial hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$), entre tratamientos, no así para las variables firmeza, pH, SST, licopeno, vitamina C y acidez titulable. Para diámetro polar los extractos de RT, FM y FR fueron estadísticamente similares al 6-BAP presentando los valores más altos de diámetro. En cuanto al diámetro ecuatorial, los cinco extractos fueron similares al 6-BAP, que también fueron los más altos.

La norma de calidad del tomate NMX-FF-031-1997-SCFI, establece que los frutos con un diámetro ecuatorial entre 51 y 60 mm son clasificados como de calidad mediana, por lo que los frutos cosechados en el experimento corresponden a esta calidad.

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos en la calidad de frutos

Tratamiento	Diámetro polar (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Firmeza Kg ^f *cm ⁻²	pH	SST (brix)	Licopeno (mg*100 ⁻¹ g)
T1	63.6 A	52.2 A	4.6 A	4.5 A	4.5 A	18.4 A
T2	60.3 AB	50.9 A	4.4 A	4.6 A	4.7 A	19.2 A
T3	59.1 B	50.8 A	4.4 A	4.6 A	4.5 A	20.3 A
T4	59.2 AB	51.1 A	4.4 A	4.7 A	4.5 A	18.5 A
T5	59.6 AB	50.7 A	4.3 A	4.5 A	4.5 A	20.8 A
T6	57.9 B	50.4 A	4.0 A	4.6 A	4.4 A	18.9 A
T7	55.8 B	49.1 AB	4.0 A	4.5 A	4.5 A	20.1 A
T8	57.6 B	46 B	4.1 A	4.6 A	4.5 A	21 A
T9	59.4 AB	51.4 A	4.5 A	4.6 A	4.4 A	20.6 A
C.V.	5.83	5.03	46.82	7.33	7.06	37.96

T1=CTRL; T2=RT; T3=RM; T4=FM; T5=FR; T6=CF; T7=AIA; T8=AG; T9=6BAP; valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a $P \leq 0.05$.

Firmeza

La firmeza de los frutos presentó valores entre 4 y 4.6 Kg^f/cm². Zavala-Ramírez (2016), en un estudio realizado sobre el efecto de biorreguladores en tomate, reportó valores de firmeza de frutos de 3.46 a 4.48 Kg^f/cm², señalando que la presencia de giberelinas durante la maduración del fruto promueve la rigidez en la piel y las membranas externas. En el presente estudio, los valores de firmeza reportados indican que los extractos aplicados estimularon la firmeza del fruto, ya que es similar a la firmeza de AIA, AG y 6-BAP.

pH

Se obtuvieron valores de pH en el rango de 4.5 a 4.7, no presentando diferencia entre tratamientos, estos valores son similares a los que encontraron (Casierra y Aguilar, 2008). Babitha and Kiranmayi (2010) mencionan que el jugo de tomate tiene normalmente un pH de 4 a 4.5, este pH óptimo para que no haya desarrollo de bacterias (Nuez, 2001).

Sólidos solubles totales

El contenido de sólidos solubles totales mostró un rango de 4.4 a 4.6 °Brix, no se presentó diferencia entre tratamientos, estos valores coinciden con los

reportados por Crisanto *et al.* (2010). El contenido de sólidos solubles totales (SST) representa sustancias solubles en agua como azúcares, ácidos, vitamina C y algunas pectinas (Oliveira *et al.*, 1999), el 90% de SST corresponde a azúcar, esta variable es usada como un indicador de contenido de sólidos solubles en la etapa de maduración de los frutos. Por otra parte Cantwell *et al.* (2007) mencionan que el sabor característico de los frutos de tomate es medido por la concentración de sólidos solubles y ácidos orgánicos.

Licopeno

Las plantas de tomate del estudio, tuvieron un contenido de licopeno entre 18 a 21 mg/100 g de muestra fresca (Cuadro 3) y no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos. Shi and Le Maguer (2000), citan que los valores óptimos de licopeno son aquellos cercanos a 20 mg/100 g. de muestra fresca. El licopeno es un carotenoide que le proporciona al tomate el color rojo característico. El alto consumo de este fruto disminuye el riesgo de diferentes tipos de cáncer (Dorais *et al.*, 2008; Giovannucci, 2005).

Vitamina C

Para el contenido de Vitamina C, el ANOVA no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos, los contenidos de Vitamina C tuvieron un rango entre 3.3 – 3.9 mg/100 g (Fig.15). Este antioxidante contribuye a una buena salud en los seres humanos, fortaleciendo el sistema de protección contra enfermedades tales como la diabetes, cáncer y presión arterial (Ramírez *et al.*, 2010)

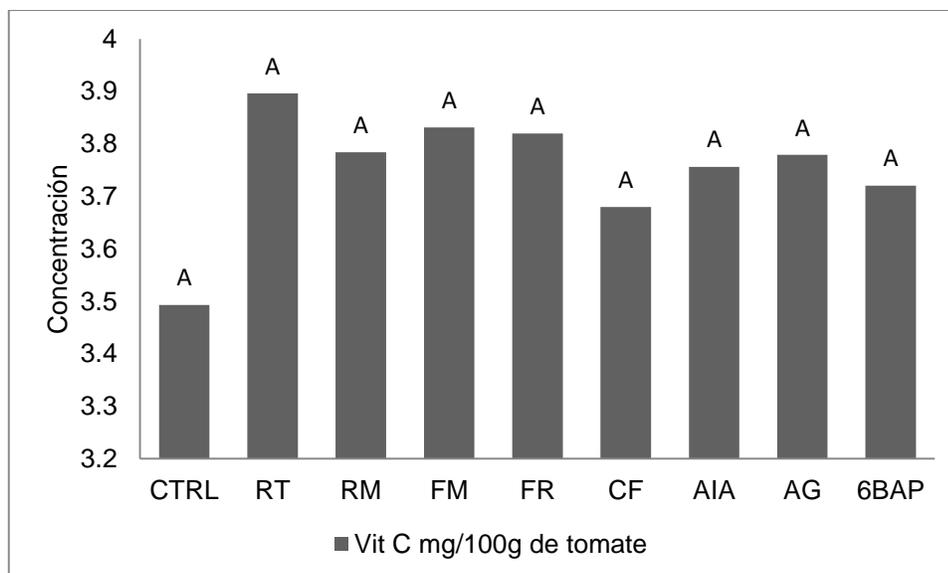


Figura 15. Contenido promedio de vitamina C por tratamiento; figura con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a $P \leq 0.05$.

Acidez titulable

Se encontraron valores de 0.27% a 0.37%, y no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, de acuerdo con (Amaya, et al, 2009) la acidez puede aumentar con el paso del tiempo, sin embargo, para la medición de esta variable, se evaluaron tomates con el mismo grado de madurez, a lo que se atribuye la falta de diferencia significativa.

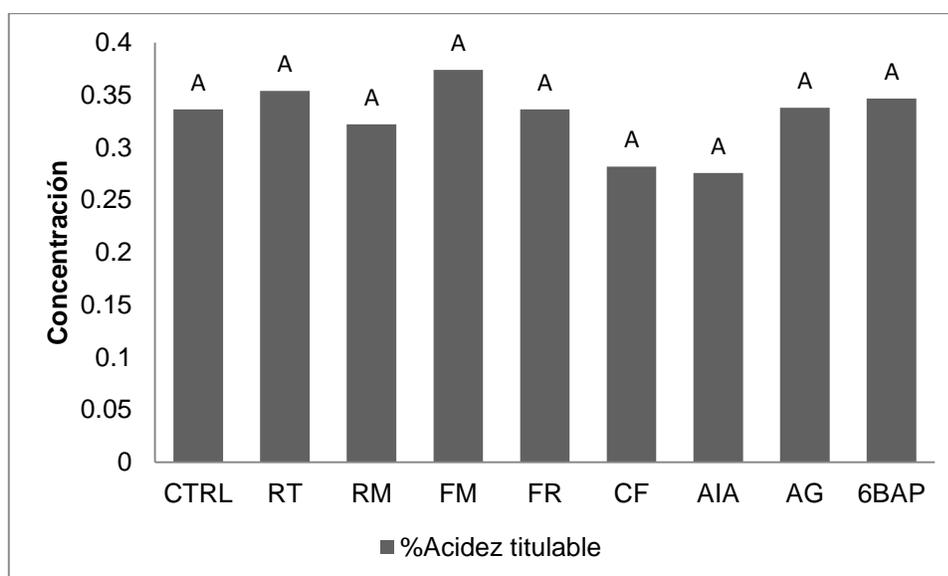


Figura 16. Concentración promedio de acidez titulable por tratamiento; figura con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a $P \leq 0.05$.

CONCLUSIONES

Los extractos de RT, RM, FM, FR y CF, del Semidesierto del Noreste de Mexico promueven el crecimiento rendimiento y calidad de fruto en el cultivo de tomate saladette, híbrido El CID F1, comparado con el biorregulador 6-BAP

El extracto de *Rhus muelleri*, que contiene compuestos fenólicos con capacidad antioxidante, esteroides y esteroides, mostró la mayor consistencia en promover crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en plantas de tomate.

El extracto de *Rhus muelleri* representa una alternativa para la formulación de un bioestimulante de origen biológico que mejore la productividad de las plantas de tomate como consecuencia de la matriz de compuestos químicos que lo integran.

REFERENCIAS

- AL-AMRI, S. M. Improved growth, productivity and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants through application of shikimic acid. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2013, 20,(4), 339–345.
- AMAYA, P., PEÑA, L., VILLADA, D., VILLADA, H., and MOSQUERA, A. Efecto del uso de recubrimientos sobre la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum* mill). *Dyna*, 2009, 162, 67–73.
- ANDRÉS-HERNÁNDEZ, A.R., J. J. MORRONE, T. TERRAZAS and L. LÓPEZ-MATA. Análisis de trazos de las especies mexicanas de *Rhus* subgénero *lobadium* (Angiospermae: Anacardiaceae) (In Spanish). *Interciencia/Caracas*, 2006, 31, 900–904.
- AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 16 edition. ed. 1997.
- ARIAS, R., T. G. LEE, L. LOGENDRA and H. JANES. 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. *J. Agric. Food Chem.*, 2000, 48, 1697-1700. <https://doi.org/10.1021/jf990974e>
- ASCENCIO, A., A. LÓPEZ, F. BORREGO, S. A. RODRÍGUEZ, A. FLORES, F. JIMÉNEZ y A. GÁMEZ. Marchitez vascular del tomate: I. Presencia de razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen en Culiacán, Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 2008, 26, (2), 114-120.
- BABITHA, B. and P. KIRANMAYI. Effect of storage conditions on the postharvest quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *J. Res.Agric. Sci.* 2010, 1, (4), 409-411.
- BIESALSKI, H., L.O. DRAGSTED, I. ELMADFA, R. GROSSKLAUS, M. MULLER, D. SCHRENK and P. WEBER. Bioactive compounds: definition and assessment of activity. *Nutrition*, 2009, 25, 1202–1205.
- CANTWELL, M., S. STODDARD, M. LESTRANGE and B. AEGERTER. Report to the California tomato commission. Tomato variety trials: postharvest evaluations for 2006. UCCE Fresh Market Tomato Variety Trial 2006 Postharvest Evaluation. UC Davis, Davis Ca. USA. 16 p.
- CASIERRA, F. y AGUILAR, Ó. E. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L .) cosechados en diferentes estados de madurez Quality of tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L .) harvested at different maturity stages. *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal*. 2008, 26(2), 300–307.

- CRISANTO, A., A. VERA, J. CHÁVEZ y J. CARRILLO. Calidad de frutos de tomates silvestres (*Lycopersicon esculentum* Var. Cerasiforme dunal) de Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 2010, 33(4), 7–13.
- DAVIES PJ. Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action. 3 rd ed. Ithaca, New York. Cornell University, 2010, 830 p.
- DEVEAUX, J. and E. SHULTZ. Development of buffalo gourd (*Cucurbita foetidissima*) as a semiaridland starch and oil crop. *Economic Botany*, 1985,39, (4), 454–472.
- DILLON, M. O. taxonomy of the genus *flourensia* (asteraceae). *fieldiana n. ser.*, 1984, 16, 1-66.
- DORAIS, M., D.L. EHRET and A. PAPADOPOULOS. Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: from the seed to the consumer. *Phytochem. Rev.*, 2008, 7, 231–250. [http://dx. doi.org/10.1007/s11101-007-9085-x](http://dx.doi.org/10.1007/s11101-007-9085-x).
- FIRA. (2017). Panorama Agroalimentario, Tomate Rojo 2017. *Panorama Agroalimentario*, Disponible en [:https://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=65310](https://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=65310).
- GIOVANNONI J. Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 2001, 52, 725-749.
- GIOVANNUCCI, E. Tomato products, lycopene, and prostate cancer: A review of the epidemiological literatura. *Journal of Nutrition*, 2005, 135, (8), 2030S-2031S.
- GRAVEL, V., H. ANTOUN and R. J. TWEDDELL. 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). *Soil Biology and Biochemistry*, 2007, 39, (8), 1968-1977.
- GUTIERREZ, T., O. HOYOS and M. PÁEZ. Ascorbic acid determination in Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.), for high-performance liquid chromatography (HPLC). *Rev. Fac. Cienc. Agro.*, 2007,15, 70-79.
- IGNAT, I., A. STÎNGU, I. VOLF and V. I. POPA. Natural bioactive compounds as plant growth regulators. *Scientific papers, series Agronomy*, 2009, 52, 187-192.
- IGNAT, I., STINGU, A., VOLF, I., and POPA, V. I.. Characterization of grape seed aqueous extract and possible applications in biological systems. *Cellulose Chem. Technol.*, 2011a, 45, (3-4), 205-209
- IGNAT, I., I. VOLF and V. I. POPA. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food chemistry*, 2011b, 126, (4), 1821-1835.

- IGNAT, I., D. G. RADU, I. VOLF, A. I. PAG and V. I. POPA. Antioxidant and antibacterial activities of some natural polyphenols. *Cellulose Chemistry and Technology*, 2013, 47, (5-6), 387-399.
- JASSO DE RODRÍGUEZ, D., D. HERNÁNDEZ-CASTILLO, J. L. ANGULO-SÁNCHEZ, R. RODRÍGUEZ-GARCÍA, J. V. QUINTANILLA and R. H. LIRA-SALDIVAR. Antifungal activity in vitro of *Flourensia* spp. extracts on *Alternaria* sp., *Rhizoctonia solani*, and *Fusarium oxysporum*. *Industrial Crops and Products*, 2007, 25, (2), 111-116.
- JASSO DE RODRÍGUEZ, D., F. A. TREJO-GONZÁLEZ, R. RODRÍGUEZ-GARCÍA, M. L. V. DÍAZ-JIMENEZ, A. SÁENZ-GALINDO, F. D. HERNÁNDEZ-CASTILLO, J. A. VILLARREAL-QUINTANILLA and F. M. PEÑA-RAMOS. Antifungal activity in vitro of *Rhus muelleri* against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Industrial Crops and Products*, 2015, 75, 150–158.
- JASSO DE RODRÍGUEZ, D., D. A. CARRILLO-LOMELÍ, N. E. ROCHA-GUZMÁN, M. R. MORENO-JIMÉNEZ, R. RODRÍGUEZ-GARCÍA, M. L. V. DÍAZ-JIMÉNEZ, M. L. FLORES-LÓPEZ and J. A. VILLARREAL-QUINTANILLA, Antioxidant, anti-inflammatory and apoptotic effects of *Flourensia microphylla* on HT-29 colon cancer cells. *Industrial Crops and Products*, 2017a, 107, 472-481.
- JASSO DE RODRÍGUEZ, D. J., E. D. J. SALAS-MÉNDEZ, R. RODRÍGUEZ-GARCÍA, F. D. HERNÁNDEZ-CASTILLO, M. L. V. DÍAZ-JIMÉNEZ, A. SÁENZ-GALINDO, M. L. FLORES-LÓPEZ, J. A. VILLARREAL-QUINTANILLA, F. M. PEÑA-RAMOS and D. A. CARRILLO-LOMELÍ. Antifungal activity in vitro of ethanol and aqueous extracts of leaves and branches of *Flourensia* spp. against postharvest fungi. *Industrial Crops and Products*, 2017b, 107, 499-508.
- JORDÁN, M, y J. CASARETTO. Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas. *Squeo, F, A., & Cardemil, L.(eds.). Fisiología Vegetal*, 2006, p. 1-28.
- LI, X., J. M. BASKIN and C. C. BASKIN. Seed morphology and physical dormancy of several North American *Rhus* species (Anacardiaceae). *Seed Science Research*, 1999, 9, (3), 247-258.
- MC STEEN, P. and Y. ZHAO. Plant Hormones and Signaling: Common Themes and New Developments. Development cell. San Diego, California: Cell Press. 2008. p. 467-473.
- MONTAÑO-MATA, N. J. y J. R. MÉNDEZ-NATERA, Efecto de reguladores de crecimiento sobre el epicarpo, mesocarpo y sólidos solubles totales del fruto de melón (*Cucumis melo* L.) cv. Edisto 47. *Revista Científica UDO Agrícola*,

- 2009, 9, (2), 295–303.
- NUEZ, V. F. El cultivo del tomate. Editorial Mundi- Prensa. Barcelona, España. 2001, 538 p.
- OLIVEIRA, I., A. SOUSA, I.C.F.R. FERREIRA, A. BENTO, L. ESTEVINHO and PEREIRA, J.A. Total phenols, antioxidant potential and antimicrobial activity of walnut (*Juglans regia* L.) green husks. *Food and Chemical Toxicology*, 2008, 46, 2326–2331.
- ORTEGA-MARTÍNEZ, L. D., SÁNCHEZ-OLARTE, J., OCAMPO-MENDOZA, J., SANDOVAL-CASTRO, E., SALCIDO-RAMOS, B. A., y MANZO-RAMOS, F. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. / *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable*, 2010,6(3), 339–346.
- ORTEGA-MARTÍNEZ, L. D., J. OCAMPO-MENDOZA, C. MARTÍNEZ-VALENZUELA, A. PÉREZ SERRANO, Y SÁNCHEZ OLARTE, J. Efecto de las giberelinas sobre el crecimiento y calidad de plántulas de tomate. *Biocencia*, 2013,15, (3), 56–60.
- PARADIKOVIĆ, N., T. TEKLIĆ, S. ZELJKOVIĆ, M. LISJAK, M. ŠPOLJAREVIĆ. Biostimulants research in some horticultural plant species—A review. *Food and Energy Security*, 2018,1-17. DOI: 10.1002/fes3.162
- PERIAGO, M. J., et al. Chemical and biological properties and nutritional value of lycopene. *An. Vet.(Murcia)*, 2001, vol. 17, p. 51-66.
- PÉREZ-LABRADA, F., A., BENAVIDES-MENDOZA, M. E. VÁZQUEZ-BADILLO and H, RAMÍREZ, H. Addition of citric acid to nutrient solution of tomato cultivated in calcareous soil. *Terra Latinoamericana*, 2014, 32, 251–255.
- POPA, V.I., A. STÎNGU and I. VOLF.. Lignins and polyphenols in bioremediation. In: Fulekar, M.H. (Ed.), *Bioremediation Technology*. Springer, New York, 2010, pp. 100–135.
- RADEMACHER, W. Recent situation and trends in global plant bioregulator utilization. *Regulation of Plant Growth & Development*, 2004, 39(1), 142-151.
- RAMÍREZ, H., R. M. PERALTA-MANJARREZ, A. BENAVIDES-MENDOZA, A. SÁNCHEZ-LÓPEZ, V. ROBLEDO-TORRES y J. HERNÁNDEZ-DÁVILA. 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, (2), 283-290.
- RAMÍREZ, H., C. AMADO-RAMÍREZ, A. BENAVIDES-MENDOZA, V. ROBLEDO-TORRES y A. MARTÍNEZ-OSORIO. Prohexadiona-Ca, AG₃, ANOXA y BA modifican indicadores fisiológicos en chile mirador (*Capsicum annuum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 2010, 16, (2), 83-89.

- RAMÍREZ, H., A. LÓPEZ-FABIAN, E. PEÑA-CERVANTES, M. G. ZAVALA-RAMÍREZ and A. ZERMEÑO-GÓNZALEZ. P-Ca, AG4/7 y 6-BAP en la fisiología y nutrición de tomate en invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2018, 9, (4), 747-759.
- RODRÍGUEZ-PALOMARES, I. A., S. B. PÉREZ-VEGA, C. GONZÁLEZ-HORTA, A. GARCÍA-TRIANA, E. SALAS-MUÑOZ and B. E. SÁNCHEZ-RAMÍREZ. Antioxidant activity of *Rhus trilobata* plant extracts. *Biotechnology Summit 2014. Santa María Huatulco, Oaxaca, Mexico, 8-10 October, 2014*, 7-11.
- SHI, J., and LE-MAGUER, M. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. *Critical reviews in food science and nutrition*, 2000, 40(1), 1-42.
- SRIVASTAVA, L. M. *Plant growth and development: hormones and environment*. Elsevier. 2002.
- STEINER, A. A. The influence of the chemical composition of nutrient solutions on the production of tomato plant. *Plant and Soil*, 1966, 24, 2, 454-466
- STEVENSON, D. G., F. J. ELLER, L. WANG, J. L. JANE, T. WANG, and G. E. INGLET. Oil and tocopherol content and composition of pumpkin seed oil in 12 cultivars. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2007, 55, (10), 4005-4013.
- STÎNGU, A., I. VOLF, V. I. POPA and I. GOSTIN. New approaches concerning the utilization of natural amendments in cadmium phytoremediation. *Ind. Crops Prod.*, 2012, 35, 53–60.
- TALMACIU, A., C. TANASE, I. VOLF and V. POPA. Influence of polyphenolic compounds on *Ocimum basilicum* L. development. *Analele Stiintifice ale Universitatii" Al. I. Cuza" Din Iasi.(Serie Noua). Sectiunea 2. a. Genetica si Biologie Moleculara*, 2015,16, (2), 83-88
- TANASE, C., A.STANGU, I. VOLF and V. POPA. 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" Al. I. Cuza" Din Iasi.(Serie Noua). Sectiunea 2. a. Genetica si Biologie Moleculara*, 2011,12, (3), 115-120.
- TANASE, C., S. VANTU and V. POPA. „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, (4), 13-18.
- TANASE, C., I. BOZ, A. STINGU, I. VOLF and V. I. POPA. Physiological and biochemical responses induced by spruce bark aqueous extract and

- deuterium depleted water with synergistic action in sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. *Industrial Crops and Products*, 2014, 60, 160-167.
- TANASE, C., I. BOZ and V. I. POPA. Histo-anatomic aspects on *Zea mays* L. influenced by spruce bark polyphenolic extract. *Rom. Biotech. Let*, 2016, 21, (1), 11238-11245.
- TROPICOS. Tropicos recovered on October 27, 2014. Ann. Missouri Bot. Garden <http://www.tropicos.org/Name/1300180>.
- VALDÉS, F. Vitamina C. *Actas dermo-sifiliográficas*, 2006, 97(9), 557-568
- VALERO, C., y RUIZ, M. Equipos de medida de calidad organoléptica en frutas. *Dirección General de Investigación de La Comunidad Autónoma de Madrid*, 1998, 1-6.
- WALISZEWSKI, K. N., Y BLASCO, G. Propiedades nutraceuticas del licopeno. *Salud Publica de Mexico*, 2010, 52(3), 254-265.
- ZALLER, J. G. Foliar Spraying of Vermicompost Extracts: Effects on Fruit Quality and Indications of Late-Blight Suppression of Field-Grown Tomatoes. *Biological Agriculture and Horticulture*, 2006, 24(2), 165-180.
- ZAVALA-RAMÍREZ M. G. Respuesta de tomate a biorreguladores cultivado bajo condiciones de invernadero. Tesis de Maestria, UAAAN. 2016, p 31.
- ZODAPE, S. T., A. GUPTA, S. C. BHANDARI, U. S. RAWAT, D. R. CHAUDHARY, K. ESWARAN and J. Y. CHIKARA. Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Scientific and Industrial Research*, 2011, 70 (3), 215-219.