

## Bioestimulantes de plantas del semidesierto en el crecimiento radicular y aéreo de plántulas de tomate

## Biostimulants of semidesert plants in the root and aerial growth of tomato seedlings

Diana Jasso-de-Rodríguez<sup>1\*</sup> , Carmen Ramírez-Pérez<sup>1</sup> , Homero Ramírez-Rodríguez<sup>1</sup> , José Ángel Villarreal-Quintanilla<sup>1</sup> , Armando Hernández-Pérez<sup>1</sup> , M. Lourdes Virginia Díaz-Jiménez<sup>2</sup> , Fidel M. Peña-Ramos<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, CP. 25315. Saltillo, Coahuila, México.

<sup>2</sup> Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Saltillo, Avenida Industria Metalúrgica 1062, Parque Industrial Saltillo-Ramos Arizpe, CP. 25900. Ramos Arizpe, Coahuila, México.

\*Autor de correspondencia: dianajassocantu@yahoo.com.mx

### Artículo científico

Recibido: 15 de abril de 2024

Aceptado: 4 de junio de 2024

**RESUMEN.** Los bioestimulantes son una nueva alternativa sustentable para promover el crecimiento y desarrollo de plántulas vigorosas en invernadero. En la presente investigación, el objetivo fue evaluar extractos de tres plantas del semidesierto como bioestimulantes, en el crecimiento radicular y aéreo de plántulas de dos variedades de tomate, saladette (Río Grande) y bola (Beef Bang F1), se efectuaron evaluaciones *in vitro* y en invernadero. La evaluación *in vitro* se hizo para seleccionar los extractos que se utilizarían en la etapa de invernadero. *In vitro* se evaluaron extractos de plantas de: *Rhus muelleri* (RM), *R. virens* (RV), *Jatropha dioica* (JD) y *Juglans mollis* (JM), en concentraciones de 75, 100 y 200 mg L<sup>-1</sup> y dos testigos comerciales: enraizadores Rootex® (RT) y Raizal® (RZ) y un testigo absoluto, sin extracto ni enraizador (TC). Se evaluó la longitud total de la radícula y plúmula y el peso fresco de la plántula. En invernadero, primero se evaluó en charola y después en maceta, los extractos fueron: RV, RM, JD y RJ, en concentraciones de 75 y 200 mg L<sup>-1</sup> y los mismos testigos. En las dos etapas, se evaluaron diámetro y longitud de raíz y tallo, peso fresco y seco de raíz y tallo. Los extractos de RM 200 y JD 75, tuvieron mayor estimulación que los enraizadores comerciales, en el crecimiento radicular y aéreo de las plántulas de las dos variedades de tomate, *in vitro*, en charola y en macetas después del trasplante.

**Palabras clave:** Extractos polifenólicos, *Rhus virens*, *R. muelleri*, *Jatropha dioica*, *Junglans mollis*.

**ABSTRACT.** Biostimulants are a new sustainable alternative to promote the growth and development of vigorous seedlings in the greenhouse. In the present research, the objective was to evaluate extracts from three semi-desert plants as biostimulants, in the root and aerial growth of seedlings of two varieties of tomato, saladette (Río Grande) and ball (Beef Bang F1), *in vitro* evaluations were carried out and under greenhouse. The *in vitro* evaluation was done with the purpose of selecting the extracts that would be used in the greenhouse stage. *In vitro*, plant extracts from: *Rhus muelleri* (RM), *R. virens* (RV), *Jatropha dioica* (JD) and *Juglans mollis* (JM) were evaluated at three concentrations each, 75, 100 and 200 mg L<sup>-1</sup> and two commercial controls: rooters Rootex (RT) and Raizal (RZ) and an absolute control, without extract or rooters (TC). The total length of the radicle and plumule and the fresh weight of the seedling were evaluated. In the greenhouse, it was first evaluated in a seedbed and then in a pot, the extracts were: RV, RM, JD and RJ, in concentrations of 75 and 200 mg L<sup>-1</sup> and the same controls. In both stages, diameter and length of root and stem, fresh and dry weight of root and stem, were evaluated. The extracts of RM 200 and JD 75 had greater stimulation than the commercial rooters, in the root and aerial growth of the seedlings of the two tomato varieties, *in vitro*, in seedbed and in pots, after transplanting.

**Keywords:** Polyphenol extracts, *Rhus virens*, *R. muelleri*, *Jatropha dioica*, *Junglans mollis*.

Como citar: Jasso-de Rodríguez D, Ramírez-Pérez Carmen, Ramírez-Rodríguez H, Villareal-Quintanilla A, Hernández-Pérez A, Díaz-Jiménez MLV, Peña-Ramos FM (2024) Bioestimulantes de plantas del semidesierto en el crecimiento radicular y aéreo de plántulas de tomate. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 11(3): e4145. DOI: 10.19136/era.a11n3.4145.

## INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) destaca como uno de los cultivos hortícolas más importantes para la economía y el consumo en México. En 2022, fue el tercer producto hortícola de exportación, con 2 143 millones de dólares, la superficie total sembrada en ese año fue de 49 287.02 hectáreas (ha) con una producción total de 3 461 766.43 toneladas (t) y un valor de producción de 31 509 millones de pesos (SIAP 2023). El tomate es uno de los ingredientes más utilizados en la gastronomía mexicana, es una fuente de compuestos bioactivos antioxidantes, benéficos para la salud humana. Tiene un amplio uso en fresco y es una importante materia prima para la industria de transformación (Lazcano-Bello *et al.* 2021).

En las últimas tres décadas, se han propuesto varias innovaciones tecnológicas para mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola, mediante una reducción significativa de agroquímicos sintéticos como pesticidas y fertilizantes (Rouphael y Colla 2020). Por lo cual es muy importante desarrollar nuevas estrategias de manejo, basadas en la aplicación de productos naturales, para incrementar la eficiencia de los rendimientos y garantizar la seguridad y sostenibilidad de los cultivos (SADER 2023).

La producción de plantas en semilleros para trasplante tiene grandes ventajas respecto a los almácigos tradicionales (Lazcano-Bello *et al.* 2021). La especialización de esta actividad ha incrementado el número de empresas productoras de plántulas con cepellón, para uso propio o para comercializarlas (Cuesta y Mondaca 2014). Las plántulas producidas en semilleros son más precoces y uniformes que las producidas en el campo, su crecimiento puede controlarse fácilmente a través del manejo de la luz, los riegos y nutrientes, como también la temperatura y humedad (Cerny *et al.* 2004). Las plantas sufren menos estrés al momento del trasplante, debido a que el sistema radical en un cepellón y el mayor volumen de la raíz mejora el anclaje al momento del trasplante, lo que reduce la incidencia de vuelco, por el efecto del viento. Las plántulas con mayor masa de pelos radiculares aumentan la capacidad de absorción de nutrientes y agua, y por consecuencia presentan mejor desarrollo durante su ciclo de cultivo (Cuesta y Mondaca 2014).

Los bioestimulantes agrícolas son sustancias naturales y/o microorganismos aplicados a plantas o semillas, con el propósito de romper la latencia, potenciado el crecimiento vegetal, lo que mejora el desarrollo del sistema radicular, al aumentar la eficiencia de los nutrientes, que incrementa la tolerancia al estrés y favorece los parámetros de calidad de los cultivos (Du-Jardin 2015, Parađiković *et al.* 2019). Por otra parte, los bioestimulantes también incluyen, diversos antioxidantes e inductores, que promueven su síntesis en las plantas, incrementando su resistencia a condiciones adversas de crecimiento (Zeljković *et al.* 2010). Los bioestimulantes pueden obtenerse de distintos tipos de materias primas, como cultivos microbianos, algas, sustancias húmicas y fulvicas, compost, estiércol y residuos agroindustriales (Brown y Saa 2015). Los efectos positivos de los bioestimulantes a base de extractos de plantas en el rendimiento de las plantas, se atribuyen a una variedad de compuestos orgánicos, como los polifenoles, que desempeñan funciones clave en procesos de desarrollo como la división celular, regulación hormonal la actividad 2apulín2ética y la reproducción (Sharma *et al.* 2019). La aplicación de extractos derivados de plantas de *Taraxacum officinale*, *Artemisia vulgaris*, *Urtica dioica*, *Polygonum aviculare* y *Equisetum arvense*, han demostrado

actividad bioestimulante. En plántulas de repollo al promover el aumento en la longitud y el peso de brotes y raíces (Godlewska *et al.* 2019, Godlewska *et al.* 2020). El uso de extractos polifenólicos de la corteza de abeto (*Picea abies*), promovió en melisa (*Melissa officinalis L.*) mayor biomasa de elongación y concentración de pigmentos fotosintéticos que el control (Tanase *et al.* 2019<sup>a</sup>). Los compuestos fenólicos son uno de los grupos más grandes y diversos de sustancias activas vegetales. Estos compuestos intervienen en la regulación de la germinación de las semillas y contribuyen en la regulación del crecimiento de las plantas, participan también en las respuestas de defensa (Tanase *et al.* 2019<sup>b</sup>). Una de las características más importantes de los compuestos fenólicos es la actividad antioxidante que está íntimamente relacionada con su estructura química (Kubalt 2016). En las zonas semiáridas del noreste de México, se han identificado especies vegetales con elevado contenido de polifenoles y actividad antioxidante como, *Rhus muelleri* que mostró la mayor promoción del crecimiento y la producción de frutos de tomate, lo que representa una alternativa, para la formulación de bioestimulantes (Jasso-de-Rodríguez *et al.* 2020). Además, los extractos de *R. muelleri*, *R. virens*, *Flourensia microphylla* y *F. retinophylla*, promovieron en pimiento morrón (*Capsicum annuum*) mayor crecimiento, rendimiento y calidad de los frutos, en comparación con biorreguladores (Jasso-de-Rodríguez *et al.* 2023). Basado en las investigaciones citadas en tomate y chile morrón, es de interés ampliar el uso de los extractos de tres plantas del semidesierto como bioestimulante, planteándose el objetivo de: evaluar el efecto bioestimulante de extractos de tres plantas del semidesierto, solos y combinados en el crecimiento radicular y aéreo de plántulas, de dos variedades de tomate *in vitro*, en charola y maceta, en invernadero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del experimento, material vegetal y obtención de extractos polifenólicos

La investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a una altitud de 1 790 m, durante el periodo primavera-verano 2023, en el Laboratorio de Fitoquímica del Departamento de Fitomejoramiento y en un invernadero tipo capilla del Departamento de Horticultura. Los materiales vegetales utilizados fueron semillas de variedades de tomate: saladette (Río grande) y bola (Beef Bang F1). Para la preparación de los extractos polifenólicos, se colectaron en sitios de Coahuila y Nuevo León, ramas con hojas de zapulín (*Rhus virens* Lindh.) (RV), zumaque (*Rhus muelleri* Standl. & F.A. Barkley) (RM), nogal encarcelado (*Juglans mollis* Engelm) (JM) y tallos de sangre de drago (*Jatropha dioica* Cerv.) (JD). Los extractos metanólicos fueron obtenidos mediante la técnica reportada por Ramírez *et al.* (2001).

### Contenido fitoquímico y actividad antioxidante de los extractos

Los extractos fueron analizados para obtener el contenido de polifenoles totales (CPT) (Bautista-Hernández *et al.* 2022), taninos hidrolizados (TH) (Georgé *et al.* 2005), taninos condesados (TC) (Amaya-Chantaca *et al.* 2022) y contenido de flavonoides totales (CFT) (De La Rosa *et al.* 2014). La actividad antioxidante: ABTS (Espitia-Hernández *et al.* 2022), DPPH y FRAP (Bautista-Hernández *et al.* 2022). Los resultados (Tabla 1) se analizaron por ANVA's ( $p \leq 0.05$ ), y prueba de medias DMS de Fisher ( $\alpha=0.05$ ), con SAS (Statistical Analysis Systems) versión 9.4 (SAS 2013).

**Tabla 1.** Contenido fitoquímico total y actividad antioxidante de extractos.

Extracto	CPT (mg EAG 100 mg <sup>-1</sup> extract)	TH (mg EAG g <sup>-1</sup> )	TC (mg EC g <sup>-1</sup> )	CFT (mg EC g <sup>-1</sup> )	ABTS (%)	DPPH (%)	FRAP (mEqTrolox 100 mg <sup>-1</sup> extract)
RV	743.03 <sup>a</sup>	111.03 <sup>b</sup>	632 <sup>a</sup>	193.83 <sup>b</sup>	38.53 <sup>b</sup>	39.23 <sup>b</sup>	538.1 <sup>b</sup>
RM	191.43 <sup>c</sup>	129.43 <sup>a</sup>	62 <sup>d</sup>	267.16 <sup>a</sup>	54.2 <sup>a</sup>	47.73 <sup>a</sup>	898.8 <sup>a</sup>
JD	554.97 <sup>b</sup>	17.96 <sup>c</sup>	537 <sup>b</sup>	1.16 <sup>d</sup>	7.3 <sup>c</sup>	3.1 <sup>d</sup>	---
RJ	525.8 <sup>b</sup>	102.13 <sup>b</sup>	423.67 <sup>c</sup>	130.5 <sup>c</sup>	7.3 <sup>c</sup>	28.96 <sup>c</sup>	276.8 <sup>c</sup>
p≤0.05	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	538.1
CV%	3.910	4.606648	4.809563	8.123	5.859	5.146	5.783

Valores con la misma letra en columnas, son estadísticamente iguales según la prueba de comparación DMS de Fischer ( $\alpha = 0.05$ ): CV: Coeficiente de variación.

### Evaluación del efecto de los extractos polifenólicos en tomate

El experimento se llevó a cabo en dos etapas: la primera *in vitro*, con semillas de dos variedades de tomate: saladette (Río Grande) y bola (Beef Bang F<sub>1</sub>), para determinar los mejores extractos y concentraciones (tratamientos), a utilizar en invernadero. La segunda fue en invernadero y tuvo la finalidad de evaluar el crecimiento de las plántulas en charola antes del trasplante, así como evaluar el establecimiento de las plantas en maceta, después del trasplante, y así determinar, si las plantas que presentaron mayor crecimiento en charola, también mostraron mayor crecimiento en maceta.

#### Etapa *in vitro*

Los extractos utilizados fueron: *Rhus virens*, *R. muelleri*, *J. mollis* y *J. dioica*, en concentraciones de: (75, 100 y 200 mg L<sup>-1</sup>), y dos testigos enraizadores comerciales: Rootex® (RT) compuesto por nutrientes (N-P-K), aminoácidos, ácidos húmicos y auxinas (COSMOCEL 2024), y Raizal® (RZ) compuesto por nutrientes (N-P-K-Mg-S) y auxinas (Arysta Life 2024), además de un testigo control (TC), sin extracto ni enraizador, solo agua de riego, que totalizaron 15 tratamientos (Tabla 2). La concentración de los extractos en estudios anteriores (Jasso de Rodríguez *et al.* 2020, Jasso de Rodríguez *et al.* 2023), fue igual a la utilizada para los biorreguladores (75 mg L<sup>-1</sup>), en este estudio, se consideró incrementar las dosis de los extractos, para evaluar si hay un mayor efecto estimulante. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar, con 15 tratamientos, con 4 repeticiones y 3 semillas por repetición, lo que representó 60 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron la longitud total de la raíz y plántula, medidas con un vernier digital (Stainless Hardened) y el peso fresco de la plántula en balanza analítica (Mod. Hr-250a - A&D Weighing). Los datos obtenidos, se sometieron a un ANVA ( $p \leq 0.05$ ) con un diseño completamente al azar, y una prueba de comparación de medias por el método DMS de Fisher ( $\alpha=0.05$ ). Los datos se analizaron en el programa estadístico SAS, versión 9.4 (SAS 2013).

#### Etapa en invernadero

Los extractos de *R. muelleri*, *R. virens* y *J. dioica* y las concentraciones de 75 y 200 mg L<sup>-1</sup>, fueron seleccionados para la evaluación en invernadero (evaluación en charola y en maceta), ya que presentaron los mejores resultados *in vitro*, además del extracto RJ (combinación de RM y JD, 1:1), para potencializar el efecto de estos dos extractos, y dos enraizadores comerciales (RT y RZ),

además del testigo control (TC). En total 11 tratamientos (Tabla 3). Los experimentos en charola y maceta se establecieron bajo un diseño completamente al azar con 11 tratamientos, 4 repeticiones y 3 plantas por repetición, para cada evaluación.

**Tabla 2.** Descripción de tratamientos *in vitro* para tomate saladette y bola.

Número de Tratamientos	Nombre de tratamiento	Concentración mg L <sup>-1</sup>	Tratamiento abreviado
1	<i>Rhus virens</i>	75	RV 75
2	<i>Rhus virens</i>	100	RV 100
3	<i>Rhus virens</i>	200	RV 200
4	<i>Rhus muelleri</i>	75	RM 75
5	<i>Rhus muelleri</i>	100	RM 100
6	<i>Rhus muelleri</i>	200	RM 200
7	<i>Junglans mollis</i>	75	JM 75
8	<i>Junglans mollis</i>	100	JM 100
9	<i>Junglans mollis</i>	200	JM 200
10	<i>Jatropha dioica</i>	75	JD 75
11	<i>Jatropha dioica</i>	100	JD 100
12	<i>Jatropha dioica</i>	200	JD 200
13	<i>Rootex</i>	200*	RT
14	<i>Raizal</i>	200*	RZ
15	<i>Control</i>		TC

\*Concentración recomendada del producto.

### Evaluación en charola

Se inició con la imbibición durante 24 h de las semillas de tomate saladette y bola, las cuales se colocaron en vaso de precipitado en 20 mL de extracto para cada tratamiento/variedad. Las semillas de tomate se sembraron el 5 de mayo de 2023, en charolas de poliestireno de 200 cavidades, con vermiculita y Peat moss (1:1). Para favorecer la germinación, las charolas se cubrieron y colocaron en cuarto oscuro hasta la emergencia. Cuatro días después de la siembra (DDS), se presentó la emergencia al 100%, y las charolas se trasladaron al invernadero. Se efectuaron manualmente dos riegos diarios, a las 9:00 y 18:00 h, asperjando las charolas hasta provocar el drenaje (se permitió un drenado del 20 a 25%). La fertilización se aplicó con el riego a partir de los 15 DDS, se utilizó la solución nutritiva (SN) de Steiner (Steiner 1961), a concentración de 40%. Los macronutrientes en la SN fueron: KNO<sub>3</sub>, 0.047 g L<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0.231 g L<sup>-1</sup>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0.14 g L<sup>-1</sup>, Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O, 0.706 g L<sup>-1</sup> de MgSO<sub>4</sub>, 0.325 g L<sup>-1</sup>. 7H<sub>2</sub>O, y micronutrientes: 0.022 g L<sup>-1</sup> de Ultrasol micro mix. La solución fue ajustada a un pH de 6.0 - 6.5 con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 98% y H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> al 85%, y conductividad eléctrica (CE) menor a 2.5 mS cm<sup>-1</sup>. Las aplicaciones de los tratamientos con las soluciones de extractos y enraizadores, se llevaron a cabo en dos ocasiones: la primera a 15 DDS; y la segunda 30 DDS. Se aplicaron entre las 8:00 y 10:00 h, de forma directa al sustrato, mediante pipeta de 5 mL.

**Tabla 3.** Descripción de tratamientos en charola y maceta en invernadero, para tomate saladette y bola

Número de Tratamientos	Nombre de tratamiento	Concentración (mg L <sup>-1</sup> )	Tratamiento abreviado
1	<i>Rhus virens</i>	75	RV75
2	<i>Rhus virens</i>	200	RV200
3	<i>Rhus muelleri</i>	75	RM75
4	<i>Rhus muelleri</i>	200	RM200
5	<i>Jatropha dioica</i>	75	JD75
6	<i>Jatropha dioica</i>	200	JD200
7	<i>Rhus muelleri/ Jatropha dioica</i>	75	RJ75
8	<i>Rhus muelleri/ Jatropha dioica</i>	100	RJ200
9	<i>Rootex</i>	200*	RT
10	<i>Raizal</i>	200*	RZ
11	<i>Control</i>		TC

\*Concentración recomendada del producto.

### Evaluación en maceta

Previo al trasplante se prepararon las macetas con una capacidad de 5 L, mezclando Peat moss y perlita (1:1). El trasplante se llevó a cabo a maceta a los 41 DDS en charola, el 15 de junio de 2023, cuando el 100% de plantas alcanzaron los 15 cm. Se establecieron 11 tratamientos, 4 repeticiones y 3 plantas por repetición, con un total de 132 plántulas de tomate saladette y 132 de tomate bola. Las macetas se marcaron de acuerdo con el tratamiento y repetición. Las plantas se regaron por goteo, comenzando con una Solución Nutritiva al 50 % y a los 15 días después del trasplante (DDT), se aumentó la SN al 60%, la composición de la SN utilizada en maceta fue la misma empleada en charola. Se realizó una aplicación de los tratamientos, a los 15 DDT entre las 8:00 y 10:00 h al sustrato, mediante pipeta de 5 mL. Los tratamientos se aplicaron a los 15 DDT, entre las 8:00 y 10:00 h al sustrato, mediante pipeta 5 mL. La evaluación final en maceta se llevó a cabo a los 45 DDT.

### Variables de crecimiento aéreo y radicular en charola y maceta

Las mediciones en charola se realizaron a los 40 DDS y en maceta a los 45 DDT, se tomaron 3 plantas completas por repetición, en total 12 plantas por tratamiento (11), en ambas evaluaciones. Las variables para crecimiento radicular fueron: Longitud de Raíz (LR, cm); Peso Fresco Raíz (PFR, g); Peso Seco Raíz (PSR, g) y en crecimiento aéreo: Longitud de Tallo (LT, cm); Diámetro de tallo (DT, mm); Peso Fresco Tallo (PFT, g); Peso Seco Tallo (PST, g).

Al inicio del trasplante de las variedades de tomate en invernadero, se presentó la plaga de mosquita blanca, en baja intensidad, que no causó daños en el desarrollo de las plántulas.

### Análisis de datos

Los resultados se sometieron a un ANVA ( $p \leq 0.05$ ), bajo un diseño completamente al azar, con tres plantas cada una, y una prueba de comparación de medias por método DMS de Fisher ( $\alpha = 0.05$ ). Los datos se analizaron en el programa estadístico SAS (Statistical Analysis Systems) versión 9.4.

## RESULTADOS

### Evaluación *in vitro*

Los resultados obtenidos mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos. En el caso del tomate saladette los tratamientos *R. muelleri* 75 y *J. dioica* 75 tuvieron mayor crecimiento de LPR con 7.2 cm (Tabla 4), en la variable de PFP el extracto de *J. dioica* 75 tuvo la mayor LPR, superando a los testigos comerciales (Rootex con 8.3% y Raizal con 8.7% menos), y también en PFP fueron inferiores los enraizadores comerciales (Rootex con 15.6% y Raizal con 13.2%). En cuanto al tomate bola, los tratamientos *R. virens* 75 y *R. muelleri* 200 presentaron la mayor LPR con 6.7 cm en ambos, mientras que el tratamiento *R. muelleri* 200 influyó positivamente para el mayor PFP (3.61 g) comparado con los enraizadores. Respecto a la variable LPR, los extractos de *R. virens* 75 y *R. muelleri* 200 superaron los enraizadores Rootex y Raizal con 8.2 y 10.4%, respectivamente, y en cuanto a PFP, el tratamiento de *R. muelleri* 200 superó a RT y RZ con un 9.1 y 9.69%, respectivamente. Los extractos *R. virens* 75, *R. virens* 200, *R. muelleri* 75, *R. muelleri* 200, *J. dioica* 75 y *J. dioica* 200, sobresalieron en la estimulación de las variables evaluadas *in vitro*, y fueron considerados en la evaluación de charola y maceta en invernadero.

**Tabla 4.** Efecto de los extractos de las plántulas de dos variedades de tomate, *in vitro*.

Ext./Conc.	Tomate			
	Saladette	Bola	LPR (cm)	PFP (g)
RV 75	6.9 <sup>abc</sup>	3.70 <sup>ab</sup>	6.7 <sup>a</sup>	3.39 <sup>bc</sup>
RV 100	6.3 <sup>efg</sup>	3.15 <sup>d</sup>	5.9 <sup>f</sup>	3.18 <sup>cde</sup>
RV 200	6.8 <sup>bcd</sup>	3.45 <sup>abcd</sup>	6.4 <sup>abcd</sup>	3.03 <sup>e</sup>
RM 75	7.2 <sup>a</sup>	3.54 <sup>abc</sup>	6.5 <sup>abc</sup>	3.42 <sup>ab</sup>
RM 100	6.1 <sup>g</sup>	3.38 <sup>bcd</sup>	6.4 <sup>abcd</sup>	3.40 <sup>ab</sup>
RM 200	6.9 <sup>abc</sup>	3.69 <sup>ab</sup>	6.7 <sup>a</sup>	3.61 <sup>a</sup>
JM 75	6.4 <sup>cdef</sup>	3.19 <sup>d</sup>	5.9 <sup>f</sup>	3.25 <sup>bcede</sup>
JM 100	6.3 <sup>fg</sup>	3.15 <sup>d</sup>	6.0 <sup>ef</sup>	3.07 <sup>de</sup>
JM 200	6.6 <sup>cdef</sup>	3.30 <sup>dc</sup>	6.3 <sup>abcdef</sup>	3.25 <sup>bcede</sup>
JD 75	7.2 <sup>a</sup>	3.77 <sup>a</sup>	5.9 <sup>ef</sup>	3.35 <sup>bc</sup>
JD 100	6.7 <sup>cde</sup>	3.27 <sup>cd</sup>	6.2 <sup>bcd</sup>	3.34 <sup>bc</sup>
JD 200	7 <sup>abc</sup>	3.54 <sup>abc</sup>	6.5 <sup>abcdef</sup>	3.30 <sup>bc</sup>
RT	6.6 <sup>cde</sup>	3.18 <sup>d</sup>	6.0 <sup>ef</sup>	3.28 <sup>bcd</sup>
RZ	6.1 <sup>g</sup>	3.22 <sup>cd</sup>	6.2 <sup>cdef</sup>	3.26 <sup>bcd</sup>
TC	6.3 <sup>fg</sup>	3.27 <sup>cd</sup>	6.3 <sup>cdef</sup>	3.30 <sup>bc</sup>
p < 0.05	<0.0001	0.0024	0.0054	0.0017
CV%	3.74	5.93	4.41	3.99

Longitud total de plúmula y radícula (LPR), Peso Fresco Plántula (PFP = peso + radícula).

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba DMS de Fischer ( $\alpha = 0.05$ ). CV: Coeficiente de variación.

## Evaluación en charola

Los análisis de varianza mostraron diferencia ( $p \leq 0.05$ ) entre los extractos en tomate saladette para LR, los extractos *R. muelleri* 75 y *R. muelleri* 200 tuvieron el mayor crecimiento (12.7 y 12.8 cm, respectivamente) (Tabla 5) y JD 75 estimuló el mayor PFR y PSR (0.91 y 0.92 g, respectivamente). El tratamiento de *R. muelleri* 200 estimuló el mayor crecimiento aéreo en LT (19.7 cm) y también en DT (2.78 mm), el cual fue igual al tratamiento con Raizal. En relación con el tomate bola, el extracto RM 200, estimuló el mayor crecimiento de LR, PFR y PSR, (Tabla 5), valores que fueron iguales o superiores al de los testigos comerciales (RT y RZ). El extracto de *J. dioica* 75 estimuló el mayor crecimiento aéreo de DT con 3.12 mm, PFT con 2.59 g y el PST con 1.6 g, superando a los testigos comerciales (RZ y RT).

**Tabla 5.** Efecto de los extractos de plantas del semidesierto en variables de crecimiento en plántulas de tomate saladette y bola, evaluación en charola.

Variedad	Tratamiento	LR*	PFR*	PSR*	LT*	DT*	PFT*	PST*
		(cm)	(g)	(g)	(cm)	(mm)	(g)	(g)
Tomate saladette	RV 75	10.6 <sup>d</sup>	0.71 <sup>d</sup>	0.084 <sup>abc</sup>	18.0 <sup>cde</sup>	2.65 <sup>abc</sup>	1.52 <sup>e</sup>	0.18 <sup>c</sup>
	RV 200	11.8 <sup>abcd</sup>	0.82 <sup>abcd</sup>	0.091 <sup>a</sup>	17.3 <sup>e</sup>	2.65 <sup>abc</sup>	1.63 <sup>cde</sup>	0.17 <sup>c</sup>
	RM 75	12.7 <sup>a</sup>	0.90 <sup>ab</sup>	0.091 <sup>ab</sup>	18.3 <sup>cd</sup>	2.56 <sup>bcd</sup>	1.69 <sup>bdc</sup>	0.18 <sup>c</sup>
	RM 200	12.8 <sup>a</sup>	0.80 <sup>abcd</sup>	0.089 <sup>ab</sup>	19.7 <sup>a</sup>	2.78 <sup>a</sup>	1.71 <sup>bdc</sup>	0.18 <sup>bc</sup>
	JD 75	12.5 <sup>ab</sup>	0.91 <sup>a</sup>	0.092 <sup>a</sup>	18.7 <sup>bcd</sup>	2.74 <sup>a</sup>	1.72 <sup>abcd</sup>	0.18 <sup>c</sup>
	JD 200	12.02 <sup>abc</sup>	0.87 <sup>bcd</sup>	0.086 <sup>abc</sup>	18.7 <sup>bcd</sup>	2.67 <sup>abc</sup>	1.64 <sup>de</sup>	0.17 <sup>c</sup>
	RJ 75	11.8 <sup>abcd</sup>	0.79 <sup>cd</sup>	0.084 <sup>abc</sup>	17.9 <sup>cde</sup>	2.77 <sup>a</sup>	1.75 <sup>abc</sup>	0.19 <sup>bc</sup>
	RJ 200	11.2 <sup>bcd</sup>	0.86 <sup>abc</sup>	0.079 <sup>c</sup>	18.2 <sup>cde</sup>	2.62 <sup>bc</sup>	1.76 <sup>abc</sup>	0.17 <sup>c</sup>
	RT	12.3 <sup>abc</sup>	0.89 <sup>ab</sup>	0.090 <sup>ab</sup>	19.3 <sup>ab</sup>	2.76 <sup>ab</sup>	1.81 <sup>ab</sup>	0.23 <sup>a</sup>
	RZ	12.4 <sup>ab</sup>	0.85 <sup>abcd</sup>	0.090 <sup>ab</sup>	19.5 <sup>ab</sup>	2.79 <sup>a</sup>	1.85 <sup>a</sup>	0.22 <sup>ab</sup>
Tomate bola	TC	11.1 <sup>dc</sup>	0.77 <sup>cd</sup>	0.082 <sup>bc</sup>	17.5 <sup>de</sup>	2.44 <sup>c</sup>	1.64 <sup>cde</sup>	0.17 <sup>c</sup>
	p < 0.05	0.0481	0.0198	0.1504	0.0002	0.0013	0.0045	0.0126
	CV %	7.98	7.66	7.69	3.73	4.05	5.97	12.2
	RV 75	12.3 <sup>a</sup>	1.69 <sup>de</sup>	0.084 <sup>bc</sup>	15.8 <sup>cde</sup>	3.05 <sup>ab</sup>	2.06 <sup>c</sup>	1.46 <sup>e</sup>
	RV 200	11.9 <sup>a</sup>	1.82 <sup>abc</sup>	0.089 <sup>ab</sup>	15.1 <sup>e</sup>	2.88 <sup>ef</sup>	2.17 <sup>bc</sup>	1.47 <sup>e</sup>
	RM 75	12.5 <sup>a</sup>	1.90 <sup>a</sup>	0.092 <sup>ab</sup>	16.0 <sup>cde</sup>	2.96 <sup>cdef</sup>	2.31 <sup>abc</sup>	1.48 <sup>de</sup>
	RM 200	12.5 <sup>a</sup>	1.89 <sup>a</sup>	0.093 <sup>a</sup>	16.2 <sup>bcd</sup>	3.06 <sup>ab</sup>	2.40 <sup>ab</sup>	1.49 <sup>de</sup>
	JD 75	11.9 <sup>a</sup>	1.79 <sup>bcd</sup>	0.087 <sup>abc</sup>	16.5 <sup>abcd</sup>	3.12 <sup>a</sup>	2.59 <sup>a</sup>	1.60 <sup>a</sup>
	JD 200	11.9 <sup>a</sup>	1.86 <sup>ab</sup>	0.080 <sup>dc</sup>	17.3 <sup>a</sup>	2.98 <sup>bcd</sup>	2.39 <sup>ab</sup>	1.56 <sup>ab</sup>
	RJ 75	12.1 <sup>b</sup>	1.77 <sup>dc</sup>	0.089 <sup>ab</sup>	15.6 <sup>de</sup>	2.94 <sup>cdef</sup>	2.39 <sup>ab</sup>	1.49 <sup>de</sup>
Tomate bola	RJ 200	12.2 <sup>a</sup>	1.84 <sup>abc</sup>	0.080 <sup>dc</sup>	15.9 <sup>cde</sup>	3.02 <sup>bc</sup>	2.17 <sup>bc</sup>	1.47 <sup>e</sup>
	RT	12.1 <sup>a</sup>	1.89 <sup>a</sup>	0.087 <sup>abc</sup>	17.5 <sup>a</sup>	2.89 <sup>def</sup>	2.24 <sup>bc</sup>	1.53 <sup>bc</sup>
	RZ	12.1 <sup>a</sup>	1.84 <sup>abc</sup>	0.090 <sup>ab</sup>	17.2 <sup>ab</sup>	2.93 <sup>cdef</sup>	2.23 <sup>bc</sup>	1.52 <sup>cd</sup>
	TC	12.85 <sup>ab</sup>	1.62 <sup>e</sup>	0.074 <sup>d</sup>	16.8 <sup>abc</sup>	2.84 <sup>f</sup>	2.03 <sup>c</sup>	1.49 <sup>cde</sup>
	p < 0.05	0.101	<.0001	0.0041	0.006	0.0001	0.0428	<.0001
	CV %	2.01	3.72	7.34	5.31	2.47	9.75	1.84

LR=longitud de raíz; PFR = peso fresco de raíz; PSR = peso seco de raíz; LT = longitud de raíz; DT = diámetro de tallo; PFT = peso fresco de tallo; PST = peso seco de raíz. Valores con la misma letra en columnas, son estadísticamente iguales según la prueba DMS de Fischer ( $\alpha = 0.05$ ). CV: Coeficiente de variación.

## Evaluación en maceta

En tomate saladette, el extracto *J. dioica* 200, mostró el mayor valor de LR con 53.0 cm (Tabla 6), seguido del extracto *R. muelleri* 200 que presentó un comportamiento sobresaliente en crecimiento radicular, con valores de 52.3 cm, 22.32 g y 6.88 g, para LR, PFR y PSR, respectivamente, y en crecimiento aéreo, con valores de 103.29 cm, 7.86 mm y 140.12 g para LT, DT y PFT respectivamente, valores que fueron superiores a los enraizadores comerciales (RT y RZ). En tomate bola también sobresalió el extracto RM 200, con mayor crecimiento radicular, con valores de 52.03 cm, 25.67 g, y 6.84g para LR, PFR y PSR, respectivamente y en crecimiento aéreo con valores de 108.6 cm, 151.9 g y 28.15 g para LT, PFT y PSR, respectivamente, valores superiores a los dos enraizadores comerciales (RT y RZ) (Tabla 6).

**Tabla 6.** Efecto de los extractos de plantas del semidesierto en variables de crecimiento en tomate bola y saladette, en maceta.

Variedad	Tratamiento	LR*	PFR*	PSR*	LT*	DT*	PFT*	PST*
		(cm)	(g)	(g)	(cm)	(mm)	(g)	(g)
Tomate saladette	RV 75	46.1 <sup>bcd</sup>	18.69 <sup>bcd</sup>	6.40 <sup>bc</sup>	95.66 <sup>d</sup>	7.43 <sup>dc</sup>	121.9 <sup>abc</sup>	23.59 <sup>de</sup>
	RV 200	44.4 <sup>de</sup>	17.39 <sup>de</sup>	6.39 <sup>bc</sup>	97.58 <sup>bdc</sup>	7.34 <sup>dc</sup>	132.0 <sup>ab</sup>	24.83 <sup>abc</sup>
	RM 75	49.9 <sup>abc</sup>	20.38 <sup>abc</sup>	6.52 <sup>abc</sup>	102.86 <sup>ab</sup>	7.85 <sup>ab</sup>	124.0 <sup>abc</sup>	24.65 <sup>bcd</sup>
	RM 200	52.3 <sup>ab</sup>	22.32 <sup>a</sup>	6.88 <sup>a</sup>	103.29 <sup>a</sup>	7.86 <sup>a</sup>	140.12 <sup>a</sup>	25.36 <sup>ab</sup>
	JD 75	47.6 <sup>bcd</sup>	20.91 <sup>ab</sup>	6.73 <sup>ab</sup>	99.75 <sup>abdc</sup>	7.49 <sup>abcd</sup>	138.0 <sup>ab</sup>	25.91 <sup>a</sup>
	JD 200	53.0 <sup>a</sup>	21.28 <sup>ab</sup>	6.63 <sup>abc</sup>	101.39 <sup>abc</sup>	7.61 <sup>abc</sup>	122.8 <sup>abc</sup>	24.54 <sup>bcd</sup>
	RJ 75	42.2 <sup>e</sup>	17.66 <sup>cde</sup>	6.27 <sup>c</sup>	101.25 <sup>abcd</sup>	7.00 <sup>d</sup>	122.4 <sup>abc</sup>	23.47 <sup>e</sup>
	RJ 200	42.1 <sup>e</sup>	14.90 <sup>e</sup>	6.27 <sup>c</sup>	98.83 <sup>abdc</sup>	7.29 <sup>dc</sup>	118.3 <sup>bc</sup>	23.79 <sup>cde</sup>
	RT	47.0 <sup>dce</sup>	19.81 <sup>abcd</sup>	6.61 <sup>abc</sup>	99.75 <sup>abdc</sup>	7.24 <sup>dc</sup>	128.7 <sup>abc</sup>	25.25 <sup>ab</sup>
	RZ	50.3 <sup>abc</sup>	20.91 <sup>ab</sup>	6.48 <sup>abc</sup>	97.90 <sup>abcd</sup>	7.49 <sup>abcd</sup>	111.0 <sup>c</sup>	24.72 <sup>bdc</sup>
	TC	50.2 <sup>abc</sup>	18.82 <sup>bdc</sup>	6.69 <sup>ab</sup>	96.58 <sup>dc</sup>	7.45 <sup>bcd</sup>	125.6 <sup>abc</sup>	23.78 <sup>cde</sup>
Tomate bola	p < 0.05	0.0005	0.0003	0.0814	0.14	0.0103	0.2	0.001
	CV %	7.5	10.19	4.35	3.93	3.72	11.24	3.21
	RV 75	46.18 <sup>bc</sup>	20.69 <sup>de</sup>	6.42 <sup>abc</sup>	101.8 <sup>ab</sup>	8.28 <sup>ab</sup>	130.22 <sup>a</sup>	22.85 <sup>ab</sup>
	RV 200	39.93 <sup>d</sup>	19.33 <sup>e</sup>	6.66 <sup>ab</sup>	96.0 <sup>ab</sup>	8.83 <sup>a</sup>	133.98 <sup>a</sup>	25.27 <sup>ab</sup>
	RM 75	48.53 <sup>ab</sup>	21.85 <sup>cde</sup>	6.17 <sup>bc</sup>	103.0 <sup>ab</sup>	8.38 <sup>ab</sup>	133.63 <sup>a</sup>	24.39 <sup>ab</sup>
	RM 200	52.03 <sup>a</sup>	25.67 <sup>a</sup>	6.84 <sup>a</sup>	108.6 <sup>a</sup>	8.19 <sup>ab</sup>	151.9 <sup>a</sup>	28.15 <sup>a</sup>
	JD 75	49.15 <sup>ab</sup>	21.63 <sup>cde</sup>	6.39 <sup>abc</sup>	106.3 <sup>a</sup>	7.97 <sup>ab</sup>	127.17 <sup>a</sup>	22.50 <sup>ab</sup>
	JD 200	46.75 <sup>bc</sup>	24.17 <sup>ab</sup>	6.19 <sup>bc</sup>	101.5 <sup>ab</sup>	8.41 <sup>ab</sup>	151.13 <sup>a</sup>	27.02 <sup>ab</sup>
	RJ 75	48.28 <sup>ab</sup>	20.91 <sup>de</sup>	6.67 <sup>ab</sup>	99.0 <sup>ab</sup>	7.91 <sup>ab</sup>	140.62 <sup>a</sup>	25.99 <sup>ab</sup>
	RJ 200	40.75 <sup>d</sup>	20.91 <sup>de</sup>	6.49 <sup>ab</sup>	96.2 <sup>ab</sup>	7.91 <sup>ab</sup>	135.3 <sup>a</sup>	22.97 <sup>ab</sup>
	RT	41.85 <sup>cd</sup>	22.57 <sup>abc</sup>	6.68 <sup>ab</sup>	100.2 <sup>ab</sup>	8.15 <sup>ab</sup>	130.89 <sup>a</sup>	23.32 <sup>ab</sup>
	RZ	42.15 <sup>cd</sup>	23.82 <sup>abc</sup>	6.69 <sup>ab</sup>	94.4 <sup>ab</sup>	8.45 <sup>ab</sup>	143.46 <sup>a</sup>	23.18 <sup>ab</sup>
	TC	43.95 <sup>bcd</sup>	22.39 <sup>bcd</sup>	5.94 <sup>c</sup>	90.3 <sup>b</sup>	7.32 <sup>b</sup>	133.0 <sup>a</sup>	21.62 <sup>b</sup>
	p < 0.05	0.0003	0.0024	0.0964	0.51	0.54	0.73	0.4578
	CV %	7.99	8.46	6.35	11.07	10.05	14.87	16.90

LR=longitud de raíz; PFR = peso fresco de raíz; PSR = peso seco de raíz; LT = Longitud de raíz; DT= diámetro de tallo; PFT = peso fresco de tallo; PSR = peso seco de raíz. Valores con la misma letra en columnas, son estadísticamente iguales según la prueba DMS de Fischer ( $\alpha = 0.05$ ). CV: Coeficiente de variación.

## DISCUSIÓN

### Evaluación *in vitro*

Los extractos *R. muelleri* 200 y *J. dioica* 75, fueron los más sobresalientes en esta etapa, promoviendo mayor crecimiento radicular y aéreo que los enraizadores comerciales, por lo que podríamos asumir que estos extractos de plantas están actuando como los enraizadores comerciales, lo que podría ser promovido por la composición polifenólica, así como de otros compuestos cuantificados en el presente estudio. En el extracto *R. muelleri*, su actividad podría atribuirse a que posee los mayores valores de CFT, TH y de actividad antioxidante (Tabla 1). Estos resultados ponen en evidencia que este extracto posee la más alta capacidad antioxidante para estabilizar radicales libres. Además, este extracto, mostró la mayor habilidad para reducir el Fe<sup>3+</sup> a Fe<sup>2+</sup> (Torres-Moreno *et al.* 2019). La presencia de estos potenciales compuestos antioxidantes en las plantas mejora los mecanismos de actividad fisiológica, que permite el mayor desarrollo de las plantas (Tanase *et al.* 2019b), lo cual hasta la fecha no ha sido reportado. En relación al extracto de *J. dioica*, su actividad podría atribuirse a los elevados valores de CPT y TC, compuestos que son más elevados que los de *R. muelleri* en 65.50 y 88.45%, respectivamente. Se ha reportado que la bioactividad de *J. dioica* se atribuye a la presencia de polifenoles, taninos y esteroles (triterpenos), entre otros (Ramírez-Moreno *et al.* 2020), por lo anterior la estimulación sobresaliente que produce en el tomate podría atribuirse a los polifenoles y taninos condensados y triterpenos, a diferencia del extracto de *R. muelleri*, que es fundamentalmente por los flavonoides y la actividad antioxidante.

Los compuestos bioactivos de los extractos, son absorbidos durante el curso del pretratamiento de las semillas que actúan como precursores de vías bioquímicas para ayudar en la protrusión temprana de la radícula (Barone *et al.* 2018). Los compuestos polifenólicos influyen en diferentes procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento y desarrollo de las plantas, incluida la germinación de semillas, la división celular y la síntesis de pigmentos fotosintéticos (Tanase *et al.* 2019b). El extracto polifenólico de vid contiene principios biológicos que influyen positivamente en el proceso de germinación en general, pero cuya acción es principalmente manifestada por la actividad de  $\alpha$ -amilasa en las primeras 24 h del proceso de germinación (Tanase *et al.* 2019b). El análisis fitoquímico de esta investigación (Tabla 1), mostró la presencia de flavonoides, los cuales desempeñan muchas funciones en las plantas, como regular el crecimiento celular, atraer insectos polinizadores y proteger contra el estrés biótico y abiótico (Rodríguez de Luna *et al.* 2020).

### Evaluación de crecimiento radicular y aéreo en charola y maceta

En los experimentos en charola y maceta, el extracto *R. muelleri* 200 fue el más sobresaliente superando a los enraizadores comerciales en promover el crecimiento radicular y aéreo de las plántulas de tomate de las dos variedades, seguido en estimulación por el extracto de *J. dioica* 75. El efecto estimulante de *R. muelleri* y *J. dioica* en el crecimiento aéreo y radicular en plántulas de tomate, se podría atribuir al contenido de polifenoles, flavonoides y actividad antioxidante (Jasso-de-Rodríguez *et al.* 2020, Ramírez-Moreno *et al.* 2020). En *R. muelleri* se han identificado compuestos de naturaleza esteroidal y esteroide como Ethyl iso-allocholate, y Cholest-1-eno[2,1-a]naphthalene, 3',4'-dihydro, respectivamente (Jasso-de Rodríguez *et al.* 2015), estructuras que son base de los

brasinoesteroídes, ampliamente reconocidos como estimulantes del crecimiento vegetal y desarrollo de las plantas, implicados, en la elongación y división celular, la fotomorfogénesis, la diferenciación del xilema y la reproducción y estimulan la actividad antioxidante (Cáceres-Rodríguez *et al.* 2022). Por otra parte, en las especies de *Rhus* se ha identificado ácido shikímico (Opiyo *et al.* 2021), compuesto que se ha utilizado para promover el crecimiento y mejorar la calidad de los frutos de cultivos y hortalizas sin efectos negativos (Sayed *et al.* 2022), el cual podría encontrarse en las hojas de *R. muelleri*, considerando los efectos mostrados en la presente investigación. La aplicación de un bioestimulante comercial (BALOX®), que contiene polifenoles, glicina y betaína como ingredientes bioactivos, fomentó el crecimiento de las plantas de tomate, especialmente a nivel de raíces en suelos salinos (Zuzunaga-Rosas *et al.* 2022). Plantas de tomate bajo estrés salino, tratadas con un bioestimulante a base de taninos tuvieron un aumento significativo del 24% en el peso de las raíces y del 23% en su longitud (Campobenedetto *et al.* 2021). Se ha sugerido que el ácido gálico, presente en abundancia en mezclas ricas en taninos debido a sus fuertes propiedades antioxidantes, podría desempeñar un papel crucial en el crecimiento, especialmente en el desarrollo temprano de las raíces y las plantas (Bhardwaj *et al.* 2015). Por otra parte, Singh *et al.* (2017) demostraron que la aplicación exógena de ácido gálico en semillas de arroz condujo a un aumento en la longitud de las raíces en comparación con el grupo de control.

La actividad bioestimulante de *R. muelleri* y *J. dioica* podría estar promovida por la actividad antioxidante de los polifenoles, taninos, flavonoides y actividad antioxidante, así como esteroles, esteroides y terpenos, actuando en sinergía en los extractos. Los extractos de *R. muelleri* 200 y *J. dioica* 75 actúan como un bioestimulante natural, para inducir el crecimiento radicular y aéreo de las plántulas de tomate en charola y favorecen un buen establecimiento de las plantas después del trasplante, lo que facilita mejor desarrollo durante el ciclo del cultivo. Este el primer reporte científico de la actividad bioestimulante del extracto de *J. dioica* en tomate.

## CONCLUSIONES

Los extractos de plantas del semidesierto, *R. muelleri* a la concentración de 200 mg L<sup>-1</sup> y *J. dioica* a 75 mg L<sup>-1</sup>, tuvieron mayor estimulación que los enraizadores comerciales en el crecimiento radicular y aéreo de las plántulas de tomate, en charola que favorecen un buen establecimiento de plántulas en macetas, después del trasplante. Estos extractos podrían utilizarse como bioestimulantes para inducir el crecimiento de las raíces y tallos de las plántulas de tomate, y satisfacer las necesidades de los productores de hortalizas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a T.A. María Guadalupe Moreno Esquivel, T.A. Edith E. Chaires Colunga y C. Juan José Valenzuela Cabrera, del equipo del Laboratorio de Fitoquímica de la Universidad

Autónoma Agraria Antonio Narro, por su apoyo en el desarrollo de la presente investigación, en labores de campo y laboratorio.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

## LITERATURA CITADA

- Amaya-Chantaca D, Flores-Gallegos AC, Iliná A, Aguilar CN, Sepúlveda-Torre L, Ascacio-Valdés JA, Chávez-González ML (2022) Comparative extraction study of grape pomace bioactive compounds by submerged and solid-state fermentation. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology* 97(6): 1494-1505. <https://doi.org/10.1002/jctb.6977>
- Arysta Life Science (2024). Hoja Técnica. [https://mx.uplonline.com/download\\_links/HMFxeOexw1QWDfPxLfGlxaOeeSer8F5a1MayGcS9.pdf](https://mx.uplonline.com/download_links/HMFxeOexw1QWDfPxLfGlxaOeeSer8F5a1MayGcS9.pdf). Fecha de consulta: 10 de febrero de 2024
- Barone V, Baglieri A, Stevanato P, Broccanello C, Bertoldo G, Bertaggia M, Cagnin M, Pizzeghello D, Moliterni VMC, Mandolino G, Fornasier F, Squartini A, Nardi S, Concheri G (2018) Root morphological and molecular responses induced by microalgae extracts in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Applied Phycology* 30: 1061-1071. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1283-3>
- Bautista-Hernández I, Aguilar CN, Martínez-Ávila GC, Ilina A, Torres-León C, Verma DK, Chávez-González ML (2022) Phenolic compounds and antioxidant activity of *Lippia graveolens* Kunth residual leaves fermented by two filamentous fungal strains in solid-state process. *Food and Bioproducts Processing* 136: 24-35. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2022.09.001>
- Bhardwaj RD, Anupam-Sharma AS, Himanshu-Sharma HS, Puja-Srivastava PS (2015) Role of gallic acid pre-treatment in inducing the antioxidant response of two wheat cultivars differing in drought tolerance. *Indian Journal of Agricultural Biochemistry* 28(2): 155-165. <https://doi.org/10.5958/0974-4479.2015.00010.6>
- Brown P, Saa S (2015) Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science* 6: 1-3. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00671>
- Cáceres-Rodríguez JL, Machado-López E, Martínez-López DA, Cortés-Gómez MC, Balaguera- López HE (2022) Rol de los brasinoesteroides en frutales con énfasis en condiciones de estrés abiótico. *Ciencia y Agricultura* 19(3): 1-16. <https://orcid.org/0000-0003-2504-6331>
- Campobenedetto C, Mannino G, Beekwilder J, Contartese V, Karlova R, Berte CM (2021) The application of a biostimulant based on tannins affects root architecture and improves tolerance to salinity in tomato plants. *Scientific Reports* 11(1): 1-15. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79770-5>
- Cerny TA, Rajapakse NC, Rieck JR (2004) Height control of vegetable seedlings by greenhouse light manipulation. *Journal of Vegetable Crop Production* 10(1): 67-80. [https://doi.org/10.1300/J068v10n01\\_08](https://doi.org/10.1300/J068v10n01_08)
- Cosmocel (2024) Hoja técnica. <https://www.agrozar.com/files/personalizacion/agrozar/190021/190021-ficha-tecnica.pdf>. Fecha de consulta: 10 de febrero de 2024.
- Cuesta G, Mondaca E (2014) Efecto de un biorregulador a base de auxinas sobre el crecimiento de plantines de tomate. *Revista Chapingo. Serie Hacienda* 20(2): 215-222. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2014.01.001>

- De la Rosa L A, Vazquez-Flores AA, Alvarez-Parrilla E, Rodrigo-García J, Medina-Campos ON, Ávila-Nava A, Gonzalez-Reyes S, Pedraza-Chaverri J (2014) Content of major classes of polyphenolic compounds, antioxidant, antiproliferative, and cell protective activity of pecan crude extracts and their fractions. *Journal of Functional Foods* 7: 219-228. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.02.008>
- Du Jardin P (2015) Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* 196: 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Espitia-Hernández P, Ruelas-Chacón X, Chávez-González ML, Ascacio-Valdés JA, Flores-Naveda A, Sepúlveda-Torre L (2022) Solid-state fermentation of Sorghum by *Aspergillus oryzae* and *Aspergillus niger*: Effects on tannin content, phenolic profile, and antioxidant activity. *Foods* 11(19): 1-15. <https://doi.org/10.3390/foods11193121>
- Georgé S, Brat P, Alter P, Amiot M J (2005) Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(5): 1370-1373. <https://doi.org/10.1021/jf048396b>
- Godlewska K, Biesiada A, Michalak I, Pacyga P (2019) The effect of plant-derived biostimulants on white head cabbage seedlings grown under controlled conditions. *Sustainability* 11(19): 1-30. <https://doi.org/10.3390/su11195317>
- Godlewska K, Biesiada A, Michalak I, Pacyga P (2020) The effect of botanical extracts obtained through ultrasound-assisted extraction on white head cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) seedlings grown under controlled conditions. *Sustainability* 12(5): 1-31. <https://doi.org/10.3390/su12051871>
- Jasso de Rodríguez D, Trejo-González FA, Rodríguez-García R, Díaz-Jiménez MLV, Sáenz-Galindo A, Hernández-Castillo FD, Villarreal-Quintanilla JA, Peña-Ramos FM (2015) Antifungal activity in vitro of *Rhus muelleri* against *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*. *Industrial Crops and Products* 75: 150-158 <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.048>
- Jasso de Rodríguez D, Cuevas CF., Rodríguez-García R., Ramírez H., Díaz-Jiménez L., Villarreal-Quintanilla J., Juárez-Maldonado A (2020) Extractos de plantas del semidesierto en la inducción del crecimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 7: 1-10. <https://doi.org/10.19136/era.a7nl.2342>.
- Jasso de Rodríguez, D, Rocha-Rivera MF, Ramírez-Rodríguez H, Villarreal-Quintanilla JÁ, Díaz-Jiménez L V, Rodríguez-García R, Carrillo-Lomelí DA (2023) Extractos de plantas como bioestimulantes de crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en pimiento morrón. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 10(2): 1-12. <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3559>
- Kubalt K (2016) The role of phenolic compounds in plant resistance. *Biotechnology and Food Sciences* 80 (2): 97-108 <https://doi.org/10.34658/bfs.2016.80.2.97-108>
- Lazcano-Bello MI, Sandoval-Castro E, Tornero-Campante MA, Hernández-Hernández BN, Ocampo-Fletes I, Díaz-Ruiz R (2021) Evaluación de sustratos, solución nutritiva y enraizador en producción de plántulas de jitomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 12(1): 61-76. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i1.2450>
- Opiyo SA, Njoroge PW, Ndirangu EG, Kuria KM (2021) A review of biological activities and phytochemistry of *Rhus* species. *American Journal of Chemistry* 11(2): 28-36 <https://doi.org/10.5923/j.chemistry.20211102.02>
- Paradiković N, Teklić T, Zeljković S, Lisjak M, Špoljarević M. (2019) Biostimulants research in some horticultural plant species-A review. *Food and Energy Security* 8(2): 1-12. <https://doi.org/10.1002/fes3.162>
- Ramírez H, Hoard GV, Benavides A, Rangel E (2001) Gibberellins in apple seeds and the transport of [3H]-GA4. *Journal of the Mexican Chemical Society* 45: 47-50.
- Ramírez-Moreno A, Delgadillo-Guzmán D, Bautista-Robles V, Marszalek JE, Keita H, Kourouma A, Ramírez-García SG, Rodríguez-Amado JR, Tavares-Carvalho JC (2020). *Jatropha dioica*, an Aztec plant with

- promising pharmacological properties: A systematic review. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology* 14(6): 169-178. <https://doi.org/10.5897/AJPP2020.5147>
- Rodríguez de Luna SL, Ramírez-Garza RE, Serna-Saldívar SO (2020) Environmentally friendly methods for flavonoid extraction from plant material: Impact of their operating conditions on yield and antioxidant properties. *The Scientific World Journal* 2020: 1-38. <https://doi.org/10.1155/2020/6792069>
- Rouphael Y, Colla G (2020) Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science* 11: 1-7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
- SADER (2023) Chile, cebolla y jitomate, el tricolor de las fiestas patrias: Agricultura. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/chile-cebolla-y-jitomate-el-tricolor-de-las-fiestas-patrias-agricultura>. Fecha de consulta: 05 de febrero de 2024.
- SAS (2013) Base SAS® 9.4 Procedures Guide: Statistical Procedures. Second edition. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 550p.
- SIAP (2023) Panorama Agroalimentario 2023. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [https://drive.google.com/file/d/1FWHntHMgjw\\_uOse\\_MsOF9jZQDAm\\_FOD9/view](https://drive.google.com/file/d/1FWHntHMgjw_uOse_MsOF9jZQDAm_FOD9/view). Fecha de consulta: 05 de febrero de 2024
- Sayed EG, Mahmoud AW M, Abdel-Wahab A, El-Bahbohy RM, Azoz S N (2022) Rootstock priming with shikimic acid and *Streptomyces griseus* for growth, productivity, physio-biochemical, and anatomical characterisation of tomato grown under cold stress. *Plants* 11(21): 1-23. <https://doi.org/10.3390/plants11212822>
- Sharma A, Shahzad B, Rehman A, Bhardwaj R, Landi M, Zheng B (2019) Response of phenylpropanoid pathway and the role of polyphenols in plants under abiotic stress. *Molecules* 24(13): 2452. <https://doi.org/10.3390/molecules24132452>
- Singh A, Gupta R, Pandey R (2017) Exogenous application of rutin and gallic acid regulate antioxidants and alleviate reactive oxygen-generation in *Oryza sativa* L. *Physiology and Molecular Biology of Plants* 23: 301-309. <https://doi.org/10.1007/s12298-017-0430-2>
- Steiner AA (1961) A Universal Method for Preparing Nutrient Solutions of a Certain Desired Composition. *Plant and Soil* 15: 134-154.
- Tanase C, Nișca A, Mirica A, Milan A, Boz I (2019a) Wood bark as valuable raw material for compounds with a bioregulator effect in lemon balm (*Melissa officinalis* L.) plants. *Applied Sciences* 9(15): 1-10. <https://doi.org/10.3390/app9153148>
- Tanase C, Bujor OC, Popa VI (2019b) Phenolic natural compounds and their influence on physiological processes in plants. In: Ross-Watson R (ed). *Polyphenols in plants*. Academic Press. USA. pp. 45-58. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813768-0.00003-7>
- Torres-Moreno H, López-Romero JC, Vázquez-Solorio JY, Velázquez-Contreras CA, Garibay-Escobar A, Díaz-López R, Robles-Zepeda RE (2019) Antioxidant, anti-inflammatory and antiproliferative properties of *Ibervillea sonorae*. *South African Journal of Botany* 125: 207-213. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.07.029>
- Zeljković SB, Paradžiković NA, Babić TS, Đurić GD, Oljača RM, Vinković TM, Tkalec MB (2010) Influence of biostimulant and substrate volume on root growth and development of scarlet sage (*Salvia splendens* L.) transplants. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)* 55(1): 29-36. <https://doi.org/10.2298/JAS1001029Z>
- Zuzunaga-Rosas J, González-Orenga S, Tofei AM, Boscaiu M, Moreno-Ramón H, Ibáñez-Asensio S, Vicente O (2022) Effect of a biostimulant based on polyphenols and glycine betaine on tomato plants' responses to salt stress. *Agronomy* 12(9): 2142. <https://doi.org/10.3390/agronomy12092142>