

Comparación de AIA de origen orgánico y AIA sintético en esquejes de rosa Forever

María Eugenia Núñez-Valdez¹
Teresa de Jesús Rodríguez-Rojas^{2,*}
María Andrade Rodríguez³
Yoselin De Villa-Espejel³

1 Laboratorio de Patogenicidad Molecular-Centro de Investigación en Dinámica Celular-Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. CP. 62209. (eugenia@uaem.mx).

2 Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc-Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Nicolás Bravo s/n, Parque Industrial Cuautla, Xalostoc, Ayala, Morelos, México. CP. 62717. (teresa.rodriguez@uaem.mx).

3 Facultad de Ciencia Agropecuaria-Ingeniería Hortícola-Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. CP. 62209. (maria.andrade@uaem.mx; de.villa.yoshi@gmail.com).

Autora para correspondencia: teresa.rodriguez@uaem.mx

Resumen

El género *Rosa* sp. Forever Young, perteneciente a la familia de las rosáceas es el cultivo más importante del sector ornamental el cual representa uno de los productos principales en el mercado de la floricultura. La propagación de las rosas suele ser asexual y se realiza mediante estacas, esquejes o injertos. Las auxinas como el ácido indol acético AIA estimulan la formación de raíces y aumentan el porcentaje de enraizamiento de esquejes y la sobrevivencia, por lo que son usadas para mejorar la propagación. El objetivo de la investigación fue determinar el efecto en la propagación vegetativa de esquejes de *Rosa* sp. Forever Young con AIA sintético y con AIA de origen orgánico presente en sobrenadantes de cultivo de la cepa *Pseudomonas guariconensis* RMC6. Se cortaron estacas de aproximadamente 10 cm, se sumergieron durante 3 h en cada tratamiento. La investigación se desarrolló en un diseño experimental completamente al azar, con ocho tratamientos, con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue una maceta con 25 estacas por maceta, teniendo un total de 100 estacas. Se observó que la interacción dada por la inoculación entre las estacas de rosa Forever y el AIA de origen orgánico presente en los sobrenadantes de cultivo de la cepa, tuvo un efecto positivo en las variables de longitud de raíz, diámetro de raíz, número de raíz, diámetro de tallo y número de brotes, se puede sugerir el remplazo de la auxina sintética por la auxina de origen orgánico proveniente de la cepa *P. guariconensis* RMC6.

Palabras clave:

Pseudomonas guariconensis, auxinas, cepa, propagación vegetativa.



Introducción

El género *Rosa* sp. Forever Young, perteneciente a la familia de las rosáceas es el cultivo más importante del sector ornamental el cual representa uno de los productos principales en el mercado de la floricultura (Fernández *et al.*, 2014), su importancia es tal, que se estima que participa con el 25% de la producción nacional en ornamentales (SIAP, 2020).

La propagación de la *Rosa* sp. Forever Young generalmente se realiza mediante estacas, esquejes o injertos (Sitinjak, 2015). Para tener éxito en el prendimiento de las partes vegetativas de las plantas de estas plantas, se usan compuestos enraizadores, que ayudan a la proliferación y formación de un buen sistema radical que permite el crecimiento y desarrollo de una nueva planta (Quispe, 2017).

Las auxinas como el ácido 3-indol acético (AIA), estimulan la formación de raíces adventicias, y aumentan el porcentaje de enraizamiento de esquejes y la sobrevivencia, las cantidades usadas son muy pequeñas, pues puede causar efectos deformantes en el tejido o inhibir el crecimiento (Grossmann, 2010; Kashefi *et al.*, 2014; Márquez *et al.*, 2018). La auxina ácido indol-3-acético es una fitohormona de gran importancia para el desarrollo vegetal, que puede ser sintetizada mediante diversas rutas metabólicas, como a través de bacterias productoras de AIA (Vega-Celedón *et al.*, 2016).

Existen algunas bacterias que favorecen el desarrollo de la raíz, produciendo de AIA (Leveau y Lindow, 2005). El triptófano es el principal precursor en las vías de biosíntesis de AIA en bacterias (Patten y Glick, 2002; Spaepen *et al.*, 2007; Tsavkelova *et al.*, 2007). Felker *et al.* (2005) realizó un estudio con esquejes de *Prosopis alba*, inoculándolos con *Pseudomonas aurantiaca* obteniendo un enraizamiento del 80% en las estacas. También, Kaymak *et al.* (2008) inoculó esquejes de *Mentha piperita* con distintas cepas y reporta que obtuvieron mayor longitud de raíz en esquejes que se inocularon con las cepas en comparación con el control que no se expusieron a suspensiones bacterianas.

Los productores han optado por producir plántula ellos mismo, su problema está asentado en elegir la mejor forma para propagar rosas, ya que al emplear un método no hay garantía que su producto sea de calidad e incluso económicamente rentable (Ulcuango, 2019). Aunado a ello las empresas florícolas se ven en la necesidad de tener un producto de mejor calidad sin afectar el medio ambiente y contaminar el suelo, ser más competitivos aumentando la producción, minimizando costos y maximizando utilidades.

Por lo anterior se buscan nuevas prácticas de manejo como el uso de productos de origen biológico que ofrecen una alternativa, de manera responsable para mejorar la producción agrícola (De la Cadena-Vera, 2005). El objetivo de la investigación fue evaluar tres diferentes concentraciones de AIA sintético grado reactivo y de AIA de origen orgánico proveniente de la cepa *P. guariconensis* RMC6, en estacas de *Rosa* sp. Forever Young.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en un invernadero en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias-Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), con ubicación geográfica de 18° 58' 54.71" latitud norte y 99° 13' 59.14" longitud oeste y 1876 msnm (García-Rubio *et al.*, 2015).

Material vegetal

Se adquirieron plantas madre de *Rosa* sp. Forever Young en maceta de 8", en una comercializadora en Cuautla, Morelos. Se eligieron tallos homogéneos y se cortaron las estacas de 10 cm aproximadamente, cuidando que las estacas tuvieran por lo menos dos nudos con su respectiva yema, la parte basal se cortó en bisel.

Medio de cultivo

Se utilizó la cepa *P. guariconensis* RMC6 aislada de la rizosfera de una planta de maíz cultivada en el Laboratorio de Patogenicidad Molecular del Centro de Investigación en Dinámica Celular de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), la cual previamente se había identificado y evaluado determinando que la cepa *P. guariconensis* promovía el crecimiento vegetal y que sintetizaba AIA utilizando precursor el triptófano y lo libera al medio de cultivo. Se preparó el caldo nutritivo (Bioxón) disolviendo 8 g del medio deshidratado en 1 L de agua destilada. La suspensión se calentó a 55 °C hasta disolver completamente. Posteriormente se colocó en frascos de medio de cultivo y se esterilizó a 120 °C durante 20 min.

Preparación de AIA de origen orgánico proveniente de la cepa de *P. guariconensis* RMC6

La bacteria fue cultivada en el caldo nutritivo (Bioxon) en presencia de triptófano (0.5 g L⁻¹) (Luziatelli *et al.*, 2020) durante 24 h a 30 °C en agitación (150 rpm). La concentración bacteriana fue ajustada a 10⁸ células ml⁻¹. Posteriormente, para obtener el sobrenadante de cultivo libre de bacterias, las células se centrifugaron a 10 000 rpm a 4 °C por 10 min para separar y remover la pastilla celular.

El sobrenadante de cultivo fue separado por decantación y se esterilizó por filtración mediante filtros de polietersulfona (PES) con un tamaño de poro de 0.22 µm. Para cuantificar la cantidad de AIA producido, se tomó una alícuota de 400 µl y se mezcló vigorosamente con 1 600 µl de reactivo de Salkowsky (150 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄), 250 ml de agua destilada (H₂O), 7.5 ml de cloruro de hierro (FeCl₃) 0.5 M). Las muestras se incubaron a 28 °C en oscuridad durante 30 min y se midió la absorbancia a 530 nm.

Se determinó una curva estándar con AIA para determinar la concentración; la cantidad de AIA de origen orgánico proveniente de la cepa de *P. guariconensis* RMC6 se expresó en µg ml⁻¹ (Cordero *et al.*, 2014). El sobrenadante del cultivo fue diluido con caldo nutritivo estéril para ajustar las concentraciones deseadas (17 µg, 8 µg y 5 µg de AIA ml⁻¹).

Preparación del AIA sintético grado reactivo

El AIA sintético se preparó a 10 mg ml⁻¹ de agua estéril (Khan *et al.*, 2006), a partir de esta solución se prepararon las concentraciones deseadas 17 µg, 8 µg y 5 µg, para igualarlas a las concentraciones del sobrenadante de cultivo de la cepa. Se establecieron ocho tratamientos para la evaluación del AIA de origen orgánico proveniente de la cepa de *P. guariconensis* RMC6 y el AIA sintético (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados para enraizamiento de estacas de *Rosa* sp. Forever Young.

Núm. de tratamiento	Tratamiento
T1	Testigo estacas con solo agua
T2	Testigo con medio de cultivo de (caldo nutritivo, Bioxon)
T3	AIA de origen orgánico proveniente de la cepa de <i>P. guariconensis</i> RMC6, a una concentración de 17 µg con medio de cultivo (caldo nutritivo, Bioxon)
T4	AIA de origen orgánico proveniente de la cepa de <i>P. guariconensis</i> RMC6, a una concentración de 8 µg con medio de cultivo (caldo nutritivo, Bioxon)
T5	AIA de origen orgánico proveniente de la cepa de <i>P. guariconensis</i> RMC6 a una concentración de 5 µg con medio de cultivo (caldo nutritivo, Bioxon)

Núm. de tratamiento	Tratamiento
T6	AIA sintético grado reactivo marca sigma® a 17 µg con medio de cultivo (caldo nutritivo, Bioxon)
T7	AIA sintético grado reactivo a 8 µg con medio de cultivo (caldo nutritivo, Bioxon)
T8	AIA sintético grado reactivo a 5 µg con medio de cultivo (caldo nutritivo, Bioxon)

Aplicación de tratamientos

Para el T1 se dejaron las estacas sumergidas en 60 ml de agua destilada durante 3 h, para asemejar las condiciones del AIA de origen orgánico proveniente de la cepa de *P. guariconensis* RMC6 y el AIA sintético. Para el T2 se dejaron las estacas sumergidas en 60 ml con medio de cultivo durante 3 h.

Para inocular los esquejes en los tratamientos T3, T4 y T5 con AIA de origen orgánico proveniente de la cepa de *P. guariconensis* RMC6 proveniente de la cepa RMC6, los esquejes se colocaron de la parte basal y se sumergieron en 60 ml del sobrenadante de cultivo de la cepa bacteriana, durante 3 h, como lo reportado por Tariq *et al.* (2016).

Los tratamientos T6, T7 y T8 provenientes de AIA sintético se sumergieron por la parte basal durante 3 h en 60 ml con medio de cultivo para igualar las condiciones. Pasado este tiempo en todos los tratamientos, las estacas se plantaron en macetas de 6" que previamente se llenaron con sustrato comercial Sunshine Mix®. Una vez establecidas las estacas se regaron cada tercer día. La aplicación de Foligreen 18-18-18 se realizó cada nueve días sustituyendo al riego hasta finalizar el experimento.

Diseño experimental

La investigación se desarrolló en un diseño experimental completamente al azar, con ocho tratamientos (Cuadro 1), con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue una maceta con 25 estacas por maceta, teniendo un total de 100 estacas.

Variable de estudio

Una vez cumplidos 90 días después del establecimiento de las estacas, se evaluaron las siguientes variables de respuesta: porcentaje de sobrevivencia (%), longitud de raíz (mm), se midió considerando la raíz más larga de la estaca, diámetro de raíz (mm), midiendo la parte media de la raíz más larga de la estaca, longitud de plántula (mm), de la parte basal a la parte apical del tallo, diámetro de tallo (mm), se midió en la parte media del tallo. También se contaron el número de raíces y brotes por estaca.

Análisis de datos

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (Proc Anova, $p \leq 0.05$), y la prueba de comparación de medias (Tukey, $p \leq 0.05$) con el paquete estadístico Sas 9.0 (SAS, 2002).

Resultados y discusión

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas ($p \neq 0.05$) entre los tratamientos con respecto a las variables de estudio, longitud de raíz, diámetro de raíz, longitud de tallo, diámetro de tallo, número de brotes y peso fresco de raíz, siendo significativo únicamente para número de raíces (Cuadro 2).

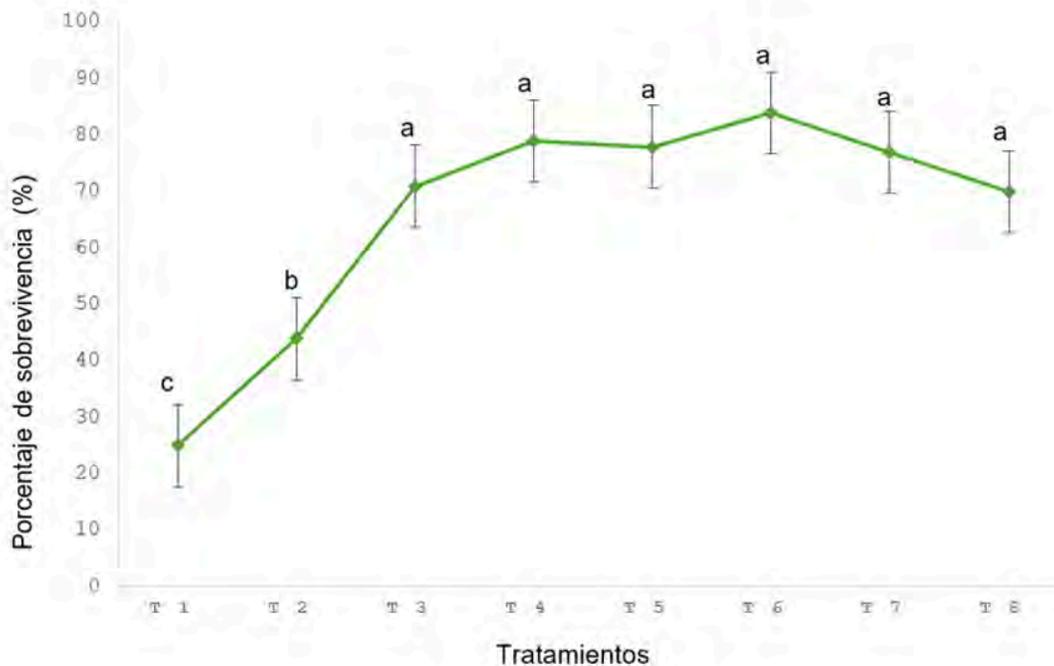
Cuadro 2. Cuadrados medios (CM) y coeficiente de variación (CV) del análisis de varianza de seis variables evaluadas en ocho tratamientos de *Rosa* sp. Forever Young.

Variable	CM	CV (%)
(%) de sobrevivencia	105.5 *	10.99
Longitud de raíz (mm)	667.6 **	11.73
Diámetro de raíz (mm)	15.61 **	29.95
Número de raíz	2.18 *	12.5
Longitud de plántula (mm)	622.8 **	7.9
Diámetro de tallo (mm)	12.03 **	22.32
Número de brotes	0.609 **	14.1

** = altamente significativo $p \leq 0.05$, * = significativo $p \leq 0.05$.

Los resultados que se obtuvieron en el porcentaje de sobrevivencia, mostraron que el mayor porcentaje de estacas vivas fue en el T6 (84%) el cual era de AIA sintético grado reactivo a una concentración de 17 μg con medio de cultivo, seguido por el T4 (79%), el cual estuvo constituido por AIA orgánico proveniente de la cepa de *P. guariconensis* RMC6, a una concentración de 8 μg con medio de cultivo, así como por el T5 (78%), también constituido por AIA orgánico proveniente de la cepa de RMC6 a una concentración de 5 μg con medio de cultivo. Como era de esperarse el peor tratamiento donde solo se obtuvo el 25% de sobrevivencia fue en el T1 con solo agua (Figura 1 y Cuadro 3).

Figura 1. Porcentaje de sobrevivencia a 90 días de inocular las de estacas de *Rosa* sp. Forever Young en ocho tratamientos diferentes. Los valores son expresados como media \pm error estándar (n= 100).



Cuadro 3. Valores medios de ocho tratamientos aplicados a *Rosa* sp. Forever Young.

Tratamientos	PS (%)	LR	DR	NR	LP	DT	NB
T1	25 c	52.5 c	1.75 b	6 ab	78.5 c	2.1 d	0.67 c
T2	44 b	6.15 bc	7.27 a	5.1 b	77.15 c	2.65 cd	1.42 b
T3	71 a	54.5 c	3.62 ab	6.37 ab	89.87 ab	7 a	1.50 ab
T4	79 a	84.75 a	6.92 a	7.25 a	91.75 ab	4.57 bc	1.95 a
T5	78 a	64.47 bc	6.42 a	6.05 ab	76 c	2.12 d	1.55 ab
T6	84 a	75.7 ab	7.02 a	7 a	104.2 ab	4.3 bc	1.55 ab
T7	77 a	83.85 a	6.1 a	6.67 ab	109.77 a	5.32 ab	1.82 ab
T8	70 a	79.5 ab	6.7 a	7.25 a	91.75 bc	5.05 ab	1.77 ab
Media general	66	69.68	5.72	6.4	89.79	4.14	1.53
DMS ($p \leq 0.05$)	4.24	19.14	4.01	1.89	16.16	2.16	0.5

PS= porcentaje de sobrevivencia; LR= longitud de raíz; DR= diámetro de raíz= NR: número de raíces; LP= longitud de plántula; DT= diámetro de tallo; NB= número de brotes; DMS= diferencia mínima significativa.

En su estudio Felker *et al.* (2005) realizado en esquejes de *Prosopis alba* inoculándolas con *Pseudomonas aurantiaca* obteniendo un enraizamiento del 80% con respecto al control. González-Candia *et al.* (2016) aislaron 32 cepas bacterianas y las inocularon en mini estacas en *Eucalyptus*, alcanzando un enraizamiento máximo de 75%, en comparación con el control 28%.

Los resultados en cuanto a longitud de raíz fueron altamente significativos ($p \# 0.05$), los cuales indicaron que los mejores resultados fueron obtenidos en las estacas de los tratamientos T4 (84.7 mm) de AIA proveniente de la cepa de *P. guariconensis* RMC6, a una concentración de 8 μg con medio de cultivo y en el tratamiento T7 (83.5 mm) con el AIA grado reactivo a 8 μg con medio de cultivo, siendo estos los dos mejores tratamientos respecto a las medias ya que fueron estadísticamente iguales y uno de los tratamientos que presentaron menor longitud de raíz fue el tratamiento T1 (52.5 mm) el cual fue el testigo donde se inocularon con solo agua (Cuadro 3).

Situación similar encontró Kaymak *et al.* (2008) quienes inocularon esquejes de *Mentha piperita* con distintas cepas y reportaron que la longitud de la raíz (85.19 mm) de los esquejes de menta tratados con las cepas, mostraron valores más altos en comparación con la longitud de la raíz (69.85 mm) de los esquejes de los controles establecidos en donde los esquejes no se expusieron a suspensiones bacterianas.

También Montero-Calasanz *et al.* (2013) estudiaron el efecto de la suspensión de la cepa bacteriana *Pantoea* sp., sobre el alargamiento de las raíces de canola (*Brassica napus*), obteniendo que los tratamientos bacterianos aumentaron la longitud total de las raíces de tres a cinco veces más en comparación con el control donde solo usaron agua.

Al evaluar el efecto de los tratamientos el T2 (3.3 mm), T4 (6.9 mm), T5 (6.4 mm), T6 (7 mm), T7 (6.1 mm) y T8 (6.7 mm), en el diámetro de raíz, se observó que no hubo diferencias estadísticas significativas con respecto al uso de la cepa *P. guariconensis* RMC6 o de AIA sintético, por lo cual es irrelevante usar uno u otro (Cuadro 3).

En lo que respecta a la variable número de raíces la cual es una variable importante y determinante en la investigación ya que se deseaba determinar si el AIA proveniente de la cepa RMC6 en alguna concentración de las aplicadas produce la misma cantidad de raíces que el AIA sintético grado reactivo. Se observó que en los tratamientos T4 (7.3), T6 (7) y T8 (7.3) no existen diferencias estadísticamente significativas.

El número de raíces que generaron fue similar entre ellos, por lo cual se observa que se tiene el mismo efecto y resultado usando AIA de origen orgánico y AIA sintético grado reactivo (Figura 2 y 3) y el tratamiento donde se obtuvo el menor número de raíces fue el tratamiento T 1 (1.8 mm),

donde, además se observó menor prendimiento de las estacas lo cual llevó a la muerte, por no tener la capacidad de absorber los nutrientes a través de la raíz.

Figura 2. Efecto en el número de raíces en estacas de *Rosa* sp. Forever Young, en ocho tratamientos diferentes. Los valores son expresados como media \pm error estándar (n= 100).

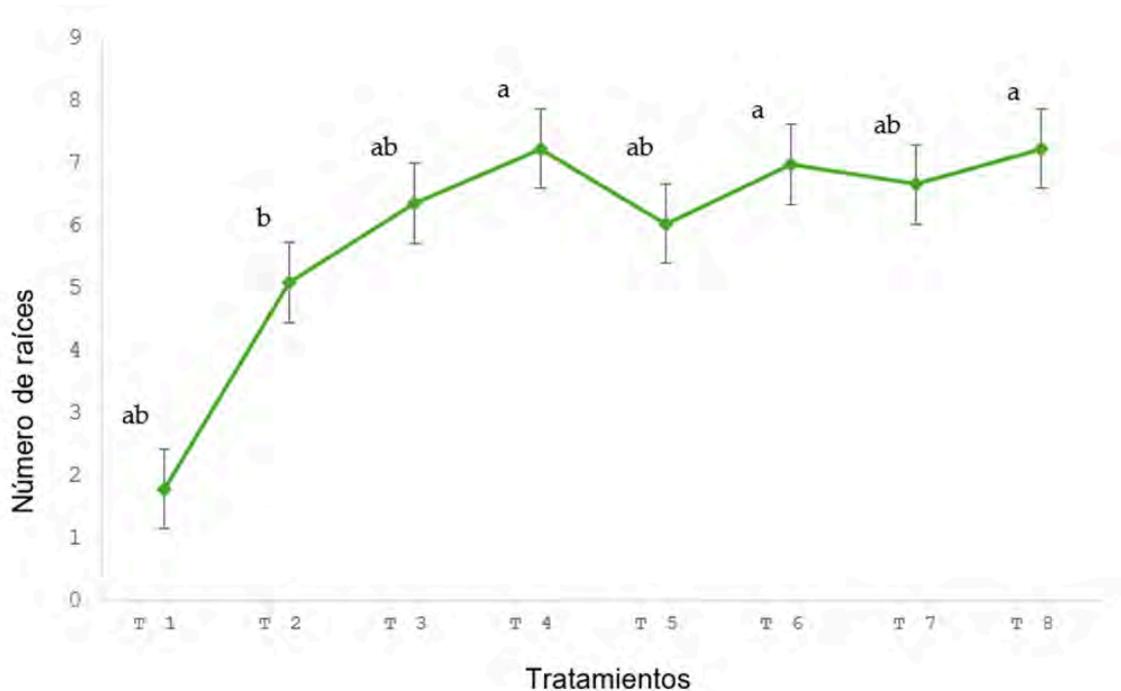
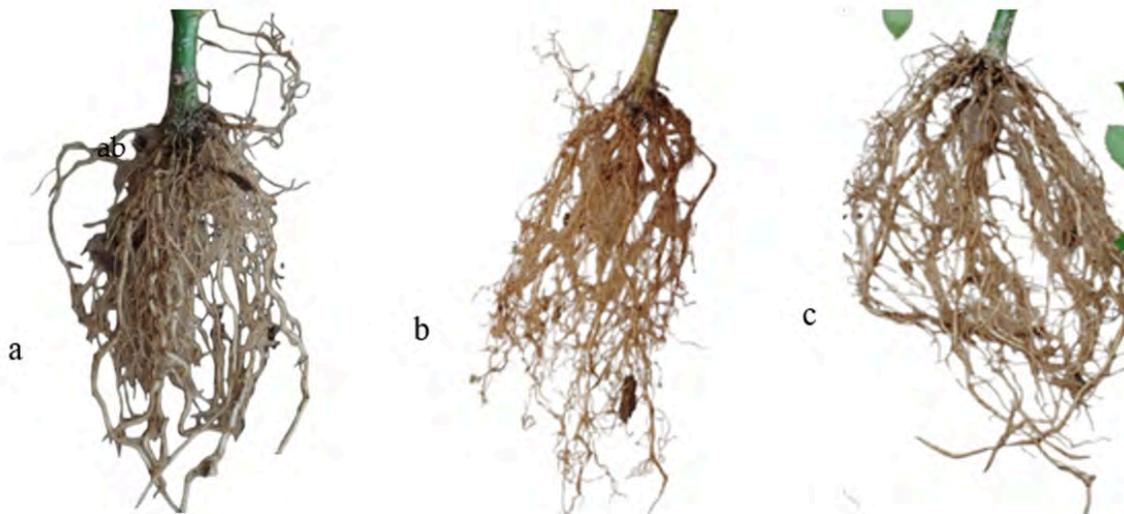


Figura 3. Número de raíz. a) T4: AIA de origen orgánico proveniente de la cepa de *P. guariconensis* RMC6, a una concentración de 8 μ g con medio de cultivo (caldo nutritivo, Bioxon); b) T6: AIA grado reactivo marca sigma a 17 μ g con medio de cultivo (caldo nutritivo, Bioxon) y c) T8: AIA grado reactivo marca sigma a 5 μ g con medio de cultivo (caldo nutritivo, Bioxon).



El T2 no logró inducir mayor número de raíces (5.1) con solo medio de cultivo, ya que estas carecieron de tratamiento de AIA de origen orgánico proveniente de la cepa de *P. guariconensis* RMC6 y AIA sintético (Cuadro 3). Díaz *et al.* (2009) realizaron un estudio en estacas de eucalipto en donde las estacas fueron inoculadas con cepas y posteriormente, ya establecidas fueron irrigadas, como resultado obtuvieron que las cepas estudiadas aumentaron significativamente el enraizamiento del esqueje y estimularon el desarrollo de finas raíces lo cual incrementó la biomasa de las raíces respecto al control que era solo agua.

En relación con la longitud de tallo, observamos que las estacas del T7 (109.8 mm) sumergidas en AIA sintético grado reactivo inoculadas con 8 μg con medio de cultivo, fueron las que mostraron un efecto altamente significativo en longitud de tallo; seguidas del T6 (104.2 mm) con las estacas inoculadas en AIA grado reactivo a 17 μg , éstos dos tratamientos mostraron mayor longitud en comparación con los otros tratamientos que mostraron diferencias estadísticas distintas entre ellos (Cuadro 3).

Por lo anterior mencionado se puede decir que el AIA grado reactivo estimula en mayor porcentaje la elongación celular lo cual se ve reflejado en el crecimiento de las estacas. En lo que respecta a diámetro de tallo el tratamiento que mostró mayores resultados estadísticos fue el T3 con las estacas sumergidas en el sobrenadante de cultivo de la cepa de *P. guariconensis* RMC6 que produce AIA, a una concentración de 17 μg con medio de cultivo (Cuadro 3).

Cabe mencionar, que, aunque no fue objetivo de la investigación, pero se observó que los tallos del T3 tenían un color verde intenso mayor que los otros tratamientos, lo cual podemos inferir que este tratamiento favorece la clorofila en las plantas. No hubo diferencias estadísticas significativas en cuanto a número de brotes en los tratamientos T3, T5, T6, T7 y T8. Siendo el mayor estadísticamente el T4 con AIA proveniente de la cepa *P. guariconensis* RMC6, a una concentración de 8 μg con medio de cultivo (Cuadro 3).

Al respecto Kamilova *et al.* (2006) inocularon semillas de pepino con *P. fluorescens* WCS365 que genera auxinas y obtuvieron resultados positivos en el aumento de la raíz y en el número de brotes como se observó en la presente investigación en donde comprobamos que el AIA proveniente de la cepa *P. guariconensis* RMC6, induce a que se generen mayor número de brotes, incluso más que el AIA grado químico, lo cual es una excelente alternativa orgánica para la formación de brotes en estacas de rosal.

En una investigación por Sezen *et al.* (2014) se muestran resultados similares a esta investigación donde se inocularon estacas de *Ficus benjamina* con cepas bacterianas y el resultado fue positivo en longitud de raíz, número de brotes y número de hojas. Kaymak *et al.* (2008) hace referencia a que los productores estimulan el enraizamiento mediante el uso de reguladores de crecimiento entre ellos las auxinas que juegan un papel importante en el desarrollo de raíces; sin embargo, el uso intensivo de estos podría provocar problemas medioambientales.

El uso irracional de productos químicos ha despertado el interés de investigaciones sostenibles y respetuosas con el medio ambiente (Salantur *et al.*, 2005), la inoculación de la cepa *P. guariconensis* RMC6 o los sobrenadantes de cultivo, puede ser una excelente alternativa biológica para promover el enraizamiento de estacas de rosas y así contribuir a los problemas ambientales.

También es importante destacar que, aunque no fue objetivo de estudio se observó que durante el desarrollo de la investigación se presentaron plagas al cultivo (pulgón) y enfermedades (fumagina); sin embargo, cabe mencionar que las estacas sumergidas con el sobrenadante de cultivo proveniente de la cepa RMC6 (T3 y T4), no presentaron problemas de plagas ni enfermedades.

Este fenómeno se conoce como resistencia sistémica inducida (ISR) y se centran en la inducción de mecanismos de defensa promovida por cepas de *Pseudomonas* y *Bacillus* (Kloepper *et al.*, 2004; Bordiec *et al.*, 2011). Dichos mecanismos de defensa permiten restringir o bloquear la capacidad de los microorganismos patógenos para producir enfermedades, los cuales se regulan mediante una red de interconexiones físicas y rutas de señalización química donde participan el ácido jasmónico (AJ) y el etileno (ET), lo que resulta en una resistencia parcial o completa contra el ataque posterior de patógenos (Sánchez y Guerra 2022).

Conclusiones

La interacción dada por la inoculación entre las estacas de rosa Forever y el AIA presente en los sobrenadantes de cultivo de la cepa *Pseudomonas guariconensis* RMC6, mostró que hubo un efecto positivo en las variables de longitud de raíz, diámetro de raíz, número de raíz, diámetro de tallo y número de brotes, esto específicamente con el tratamiento T4 que estaba compuesto por AIA de origen orgánico proveniente de la cepa de *P. guariconensis* RMC6, a una concentración de 8 µg con medio de cultivo (caldo nutritivo, Bioxon), en comparación con el AIA sintético que mostró en algunas variables valores igualitarios y en otras, valores inferiores al tratamiento T4, con ello se puede sugerir el remplazo de la auxina sintética (AIA), por la auxina de origen orgánico proveniente de la cepa *P. guariconensis* RMC6, al menos en estacas de rosa Forever donde la inoculación con la cepa *P. guariconensis* RMC6, puede ser una excelente alternativa orgánica para promover el enraizamiento de estacas de rosas y así contribuir a disminuir los problemas ambientales.

Bibliografía

- 1 Bordiec, S.; Paquis, S.; Lacroix, H.; Dhondt, S.; Barka, E.; Kauffmann, S.; Jeandet, P.; Mazeyrat-Gourbeyre, F.; Clement, C.; Baillieul, F.; and Dorey, S. 2011. Comparative analysis of defence responses induced by the endophytic plant growth-promoting rhizobacterium *Burkholderia phytofirmans* strain PsJN and the non-host bacterium *Pseudomonas Syringae* pv. *Pisi* in grapevine cell suspensions. *Journal of Experimental Botany*. 62(2):595-603. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq291>.
- 2 Cordero, P.; Príncipe, A.; Jofré, E.; Mori, G.; and Fischer, S. 2014. Inhibition of the phytopathogenic fungus *Fusarium proliferatum* by volatile compounds produced by *Pseudomonas*. *Arch. Microbiol.* 196(11):803-809. Doi:10.1007/s00203-014-1019-6.
- 3 De la Cadena-Vera, J. E. 2005. Efectos de la inoculación con micorriza vesículo-arbuscular en la producción de rosas en Pichincha, Ecuador. Honduras. 28 p.
- 4 Díaz, K.; Valiente, C.; Martínez, M.; Castillo, M. and Sanfuentes, E. 2009. Root-promoting rhizobacteria in *Eucalyptus globulus* cuttings. *World J Microbial Biotechnol.* 25:867-873. Doi:10.1007/s11274-009-9961-1.
- 5 Felker, P.; Medina, D.; Soulier, C.; Velicce, G.; Velarde, M. and González, C. 2005. A survey of environmental and biological factors (*Azospirillum* spp., *Agrobacterium rhizogenes*, *Pseudomonas aurantiaca*) for their influence in rooting cuttings of *Prosopis alba* clones. *Journal of Arid Environments*. 61(2):227-247. Doi: 10.1016/j.jaridenv.2004.09.010.
- 6 Fernández, A. M. 2014. Técnicas tradicionales y biotecnológicas en mejoramiento genético de la rosa. Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Toluca, Estado de México. 18 p.
- 7 García-Rubio, L. A.; Vargas-Ponce, O.; Ramírez-Mireles, F. J.; Munguía-Lino, G.; Corona-Oceguera, C. A. y Cruz-Hernández, T. 2015. Distribución Geográfica de *Hylocereus* (*Cactaceae*) en México. *Botanical Sciences* 93(4):921-939. Doi:10.17129/botsci.282.
- 8 González-Candia, P.; Rodríguez, F.; Sanfuentes, V. S. E. A. y Sossa, F. K. 2016. efecto de rizobacterias en el enraizamiento de miniestacas en dos clones híbridos de *Eucalyptus* spp. *Ciencia e Investigación Forestal INFOR.* 22(1):51-63. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2016.450>.
- 9 Grossmann, K. 2010. Auxin herbicides: status of mechanism and mode of action. *Pest Manage Sci.* 66(2):113-120. <https://doi.org/10.1002/ps.1860>.
- 10 Kamilova, F.; Kravchenko, L. V.; Shaposhnikov, A. I.; Azarova, T.; Makarova, N. X. and Lugtenberg, B. J. J. 2006. Organic acids, sugars and L-tryptophane in exudates of vegetables growing on Stonewood and their effects on activities of rhizosphere bacteria. *Mol. Plant Microbe Interact.* 19(3):250-56. <https://doi.org/10.1094/MPMI-19-0250>.

- 11 Kashefi, M.; Zarei, H. and Bahadori, F. 2014. The regulating effect of the growth of indole butyric acid and the time of stem cutting preparation on peroliferation of *Damask rose* ornamental Shrub journal of ornamental plants. 4(4):49-55.
- 12 Kaymak, H. C.; Yarali, F.; Guvenc, I. and Donmez, M. F. 2008. The effect of inoculation with plant growth rhizobacteria (PGPR) on root formation of mint (*Mentha piperita* L.) cuttings. African Journal of Biotechnology. 7(24):4479-4483.
- 13 Khan, M. S.; Khan R. U. and Waseem, K. 2006. Effect of some auxins on growth of damask rose cuttings in different growing media. J. Agric. Soc. Sci. 2(1):13-16 <http://www.fspublishers.org>.
- 14 Kloepper, J. W.; Ryu, C. M. and Zhang, S. 2004. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. Phytopathology. 94(11):1259-66. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.11.1259>.
- 15 Leveau, J. H. and Lindow, S. E. 2005. Utilization of the plant hormone indole-3-acetic acid for growth by *Pseudomonas putida* strain 1290. Appl. Environ. Microbiol. 71(5):2365-71. <https://link.springer.com/article/10.1023/B:MICI.0000023982.76684.9d>.
- 16 Luziatelli, F.; Grazia, F. A.; Bonini, P.; Muleo, R.; Gatti, L.; Meneghini, M.; Tronati, M.; Melini, F. y Ruzzi, M. 2020. Una perspectiva genética y metabólica sobre la producción de ácido indol-3-acético por *Pantoea agglomerans* y el uso de sus metabolitos como bioestimulantes en viveros de plantas. Frontiers in Microbiology. 11:1-17 Doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01475>.
- 17 Márquez, L. S.; Huacán, V. R. E. and Huarhua, C. T. 2018. Efecto de tres enraizadores y dos tipos de sustratos en estacas de rosa (*Rosa* sp.) del patrón natal Brier en condiciones de Vivero en el Instituto de Educación Rural (IER) San Salvador, Calca-Cusco. Revista Ciencia y Tecnología para el Desarrollo-UJCM. 4(7):22-28. <https://hdl.handle.net/20.500.12819/211>.
- 18 Montero-Calasanz, M. C.; Santamaría, C.; Albareda, M.; Daza, A.; Duan, J.; Glick, B. R. and Camacho, M. 2013. Alternative rooting induction of semi-hardwood olive cuttings by several auxin-producing bacteria for organic agriculture systems. Spanish Journal of Agricultural Research. 11(1):146-154. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2013111-2686>.
- 19 Patten, C. and Glick, B. 2002. Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in development of the host plant root system. Applied and Environmental Microbiology. 68(8):3795-3801. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.8.3795-3801.2002>.
- 20 Quispe, A. 2017. Adaptación y rendimiento de 20 clones de camote (*Ipomoea batatas* L.) de doble propósito en el ecosistema de Bosque Seco, Piura. Ciencia y Desarrollo. 20(1):15-48. Doi:<http://dx.doi.org/10.21503/cyd.v20i1.1407>.
- 21 Salantur, A.; Ozturk A.; Akten, S.; Sahin, F. and Donmez, F. 2005. Effect of inoculation with non-indigenous and indigenous *Rhizobacteria* of *Erzurum* (Turkey) origin on growth and yield of spring barley. Plant Soil. 275(1):147-156. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-005-8094-z>.
- 22 Sánchez, C. R. y Guerra, R. P. 2022. *Pseudomonas* spp. benéficas en la agricultura Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 13(4):715-725. 10.29312/remexca.v13i4.2799.
- 23 Sezen, I.; Kaymak, H. Ç.; Aytatli, B.; Dönmez, M. F. and Erci#li, S. 2014. Inoculations with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) stimulate adventitious root formation on semi-hardwood stem cuttings of *Ficus benjamina*. Prop. Orn. Plants. 14(4):152-157.
- 24 SIAP. 2020. SIAP. <https://nube.siap.gob.mx/gobmx-publicaciones-siap/pag/2020/Atlas>.
- 25 Sijinjak, R. R. 2015. The growth response stem cuttings of roses (*Rosa* sp.) to plant growth regulator Atonik and Rootone F. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. 7(9):557-562 <https://www.researchgate.net/profile/Rama-Sijinjak/publication/295980263>.

- 26 Spaepen, S.; Vanderleyden, J. and Remans, R. 2007. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. *In: unden F. Ed FEMS microbiol rev.* Blackwell Publishing Ltd., New York. 1-24 pp. Doi:10.1111/j.1574-6976.2007.00072.x.
- 27 Tariq, U.; Riaz, A.; Jaskani, M. J. and Zahir, Z. A. 2016. Screening of PGPR isolates for plant growth promotion of *Rosa damascena*. *Int. J. Agric. Biol.* 18(5):997-1003. Doi:10.17957/IJAB/15.0200.
- 28 Tsavkelova, E. A.; Cherdyntseva, T. A.; Botina, S. G. and Netrusov, A. I. 2007. Bacteria associated with orchid roots and microbial production of auxin. *Microbiological Research.* 162(1):69-76. Doi: 10.1016/j.micres.2006.07.014.
- 29 Ulcuango, C. O. 2019. Evaluación de la propagación de rosa (*Rosa* spp.) por estacas mediante el uso de ácido naftalenacético en el Cantón Pedro. 1 p. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9228>.
- 30 Vega-Celedón, C.; González. M. y Seeger, M. H. 2016. Biosíntesis de ácido indol-3-acético y promoción del crecimiento de plantas por bacterias. *Cultivos Tropicales.* 37(esp):33-39. <https://www.redalyc.org/journal/1932/193246189005/htm>.



Comparación de AIA de origen orgánico y AIA sintético en esquejes de rosa Forever

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 March 2025
Date accepted: 01 June 2025
Publication date: 18 August 2025
Publication date: Jul-Aug 2025
Volume: 16
Issue: 5
Electronic Location Identifier: e3771
DOI: 10.29312/remexca.v16i5.3771

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

Pseudomonas guariconensis

auxinas

cepa

propagación vegetativa

Counts

Figures: 3

Tables: 3

Equations: 0

References: 30

Pages: 0