

# Pulso de nanopartículas de plata (NPAg) en soluciones preservantes para tallos florales de Rosa cv Avalanche

Rubio Luna José Abel, Mandujano Piña Manuel, Trujillo Hernández Antonia, Arriaga Frías Alberto,  
De La Cruz Guzmán Gumercindo H.

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Laboratorio de Fisiología vegetal. Av. De los Barrios No. 1, Tlalnepantla de Baz, Edo. de México. C.P. 054090. México.

\*Autor para correspondencia: [manuelm@unam.mx](mailto:manuelm@unam.mx)

ORCID : 0000-0003-3226-066

## Recibido:

30/junio/2022

## Aceptado:

30/diciembre/2022

## Palabras clave:

Vida postcosecha,  
Estado ornamental,  
Cultivares

## Keywords:

Postharvest life,  
Ornamental state,  
Cultivars

## RESUMEN

Para evaluar la calidad floral de los cultivos de ornato se juzgan cualidades visuales, pero sobre todo la longevidad que alcancen en su vida postcosecha antes de marchitarse. Con el fin de retrasar la senescencia floral, se emplean soluciones preservantes. Las nanopartículas de plata (NPAg) han sido usadas para tratar flores de corte por su efecto biocida y el mejoramiento de variables físicas, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar los cambios en el consumo de solución, peso y diámetro floral de tallos florales de Rosa cv. Avalanche durante su vida postcosecha. Se aplicó un pulso de 60 minutos con NPAg. Los resultados muestran que las NPAg favoreció un incremento de la apertura floral e índice de apertura floral con diferencias estadísticas. Sin embargo, la tasa de absorción de solución, así como la pérdida de peso no evidenciaron un efecto significativo entre los tratamientos.

## ABSTRACT

To evaluate the floral quality of ornamental crops, visual qualities are judged, but above all the longevity that they reach in their post-harvest life before withering. In order to delay floral senescence, preservative solutions are used. Silver nanoparticles (NPAg) have been used to treat cut flowers due to their biocidal effect and the improvement of physical variables, so the objective of this work was to evaluate changes in solution consumption, weight and floral diameter of stems. flowers of Rosa cv. Avalanche during its postharvest life. A 60-minute pulse with NPAg was applied. The results show that the NPAg favored an increase in flower opening and flower opening index with statistical differences. However, the rate of solution absorption, as well as weight loss, did not show a significant effect between treatments.

## Introducción

Para la floricultura, la familia *Rosaceae* es de suma importancia debido a su alta comercialización en el mundo. Dentro de esta familia el género *Rosa* contiene más de 150 especies y 1400 cultivares (Elgimabi, 2011). En México, la rosa (*Rosa hybrida*) es una de las plantas de ornato más cultivadas junto con el crisantemo, gladiola y gerbera. Para el año 2021 se produjeron poco más de 9 millones de gruesas cultivadas en 1734 hectáreas, donde el Estado de México fue el mayor productor (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2022). En el país, el potencial económico que ofrece la floricultura se ve mermado por el atraso tecnológico (Salas-Solís et al., 2018) provocando un manejo pre y postcosecha deficientes, incluso se llega a comercializar sin ningún tipo de cuidado causando una disminución en el tiempo de vida, reduciendo así su calidad y, por ende, su valor en el mercado (Soriano et al., 2018). Con el fin de prolongar y mantener la turgencia floral, los floricultores aplican tratamientos a los tallos, para su transportación con manejo húmedo con alguna solución hidratante o manejo seco sin solución de hidratación (De la Cruz et al., 2018).

La mayoría de los tallos florales de rosas tienen una vida útil postcosecha de 10 o más días, siempre y cuando se manejen adecuadamente (Asghari et al., 2014). La duración dependerá de diversos factores como el manejo pre y postcosecha, su almacenamiento y distribución, aunado al potencial genético de la variedad de la flor (Soriano et al., 2018).

Se ha reportado que la interrupción del suministro de agua en las flores de rosas cortadas causa trastornos fisiológicos como cuello doblado, marchitez de las hojas y pétalos, acompañado de apertura inadecuada del botón floral (Jowkar et al., 2013). Al ser cortadas de la planta madre, pierden el aporte de agua y minerales lo que acelera su senescencia. Entre las causas comunes que propician la senescencia se encuentra la inhibición de la absorción de agua, el bajo abastecimiento de carbohidratos para sostener la respiración, la presencia de etileno y otros eventos relacionados (Salas-Solís et al., 2018). La principal causa del bloqueo de los vasos del xilema es la proliferación microbiana en la base de los tallos florales y oclusiones por formación de burbujas en el sistema vascular (Kader, 2012).

Una vez que la flor es cortada. Se requiere un agente hidratante, azúcares e incluso, algún agente biocida para mantener el metabolismo de los tallos que ayude a prolongar la vida en florero. Una manera de aplicar estas sustancias es mediante pulsos de duración variada (Asghari et al., 2014), las cuales pueden reducir la síntesis de etileno, inhibir el crecimiento de

microorganismos, regular el estado hídrico y respiratorio, así como contribuir a la apertura floral e incluso mejorar su color (Salas-Solís et al., 2018).

Las soluciones preservativas utilizan compuestos químicos como el tiosulfato de plata y el sulfato de 8-hidroxiquinolina (Asrar, 2012), sulfato de aluminio (De la Cruz et al., 2007), y nitrato de plata (Kader, 2012), entre otros. Sin embargo, la mayoría de estos aún tienen deficiencias, como ausencia de un efecto específico, poca estabilidad, contaminación ambiental y toxicidad (Zahedi et al., 2020). Gracias al avance tecnocientífico se han creado alternativas para aminorar su uso e impacto ambiental. Una de estas, es la implementación de la nanotecnología, específicamente, la síntesis de nanopartículas (NPs), las cuales son una tecnología que modifica el tamaño de un material específico a un nivel nanométrico, con el fin de obtener propiedades únicas que se puedan ajustar a diferentes funciones. Poseen la ventaja de ingresar fácilmente a la pared celular vegetal a través de tricomas y estomas, ya que son más pequeñas (de 1 a 100 nm) que los poros de la pared celular (Manzoor et al., 2020).

Las NPs de plata (NPAg) son las de mayor uso, debido a que no solo matan las bacterias que crecen en la solución del florero, sino que también ingresan al tallo de la flor cortada a través de los tejidos vasculares e inhiben la colonización bacteriana en el extremo cortado. Además, se pueden translocar a otros órganos florales (como el gineceo y los pétalos) donde reducen la biosíntesis de etileno, suprimiendo la acción de los genes que codifican las enzimas 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico sintasa (ACS) y ACC oxidasa (ACO), encargadas de sintetizarlo. Por lo tanto, permiten un aumento en la absorción de solución, el peso fresco relativo, contenido de agua de los pétalos y, en última instancia, mejora la longevidad de la flor cortada (Naing y Kim, 2020). Presentan distintas formas (tubulares, esféricas, etc.). La composición y el origen también son variados (Zahedi et al., 2020), el proceso por el cual fueron sintetizadas provoca diferencias en su pH, olor, color y el tamaño de partícula, y tienen diferentes efectos en la mejora o el mantenimiento de la calidad de las flores cortadas (Manzoor et al., 2020) y presentan un comportamiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas que es distinto en relación con las formas de Ag y compuestos de mayor escala utilizados.

Nemati et al. (2013) aplicaron diferentes tratamientos con soluciones pulso de NPs de plata en *Lilium orientalis* con resultados positivos conforme aumentó la concentración en el retraso del marchitamiento. Kader (2012) trabajó con tallos de rosa cv. Tineke en los que aplicó tratamientos con NPAg y se comparó con el

tratamiento tradicional de pulso de nitrato de plata, obteniendo mejores resultados en el retraso de la muerte floral en los que tenían NPs. Adicionalmente (Jowkar *et al.*, 2013) reportaron una mejora en la vida útil y calidad floral del cv. Cherry Brandy tras la aplicación de NPs en comparación con el control. Resultados similares obtuvieron (Rafi y Ramezani, 2013), compararon los efectos por separado de NPAg y S-carvone a diferentes concentraciones en dos cultivares de rosa, como resultado se encontró un aumento de la vida en florero y peso fresco e incluso, se redujo la actividad bacteriana y la pérdida de agua en los tratamientos con NPAg.

Recientemente, (Salas-Solís *et al.*, 2018) usaron ácido cítrico y sacarosa junto con las NPAg en distintos tratamientos, donde el ácido cítrico adicionado con 1 ppm de NPs generó la mayor vida en florero del experimento.

Con base en lo previamente descrito, el objetivo de este trabajo fue determinar los efectos de la aplicación de Nanopartículas de plata (NPAg) ID-nano en pulso sobre los tallos florales de *Rosa hybrida* cv. Avalanche, durante su vida postcosecha.

## Metodología

### Material biológico

Los tallos florales de rosa cv. Avalanche se obtuvieron directamente del productor en el mercado de Jamaica, ubicado en Guillermo Prieto 45, Jamaica, Venustiano Carranza, 15800, CDMX. Se transportaron en seco envueltos con papel kraft en una bolsa de plástico negra, al laboratorio de fisiología vegetal de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala en Tlalnepantla, Estado de México. Una vez allí, se separaron los tallos por tratamiento y se ajustaron a una longitud de 50-55 cm realizando un corte en diagonal en la parte basal para ampliar el área de absorción y se dejaron 3 hojas compuestas por tallo.

### Diseño de tratamientos

Se estableció un diseño experimental completamente al azar (DECA). Se consideró como factor las concentraciones de NPAg "ID-nano" con cuatro niveles (T1- 0.0, T2- 3.5, T3-7.5 y T4- 15 ppm de NPAg), los cuales fueron aplicados con un pulso de 60 minutos. A cada tratamiento se le asignaron 8 tallos florales.

La unidad Experimental (UE) consistió de un tallo floral de rosa (*Rosa hybrida*) cv. Avalanche pulsada con NPAg y posteriormente colocadas en una probeta de 250 ml con solución de agua de la llave (0.7 mM de CaCl<sub>2</sub>, 1.5 mM de

NaHCO<sub>3</sub>, 0.005 mM de CuSO<sub>4</sub>) también llamada en la literatura tap water (van Meeteren *et al.*, 1999).

### Variables de respuesta

Peso Fresco: Cada tallo floral se pesó individualmente con una balanza digital marca Velab® con precisión de 0.1 g. La pérdida de peso fresco en porcentaje se obtuvo con la ecuación:

$$PF (\%) = \frac{PF_f}{PF_i} \times 100$$

Donde:

PF= Peso fresco.

PF<sub>f</sub>= Peso fresco del tallo al día 1, 2, 3...n.

PF<sub>i</sub>= Peso del tallo al día previo.

Tasa de Absorción de Solución (TAS): Diariamente se pesó la solución de cada UE, con una balanza digital con precisión de 0.1 g. El cálculo de la TAS se obtuvo con la ecuación:

$$TAS = \frac{(PS_n - 1) - PS_n}{Pit}$$

Dónde:

TAS= Tasa de absorción de la solución (mL g d<sup>-1</sup>).

PS<sub>n-1</sub>= Peso de la solución al día previo.

PS<sub>n</sub>= Peso de la solución en el día 1, 2, 3,... n.

Pit= Peso inicial del tallo floral.

Apertura Floral: Se utilizó un vernier digital marca Scala® con precisión de 0.01mm y se midió el diámetro mayor de la estructura floral diariamente hasta que el botón floral presentó alteración en su diámetro debido a la pérdida de turgencia de los pétalos. Con los datos acumulados obtenidos de la medición de apertura floral se obtuvo el IAF mediante la ecuación:

$$IAF = \frac{\text{Apertura Floral por tratamiento}}{\text{Apertura Floral Máxima del Cultivar}}$$

Para la determinación del IAF se divide el promedio de la apertura de todas las repeticiones de cada tratamiento por día, entre el valor máximo de apertura del cultivar o el que se registró entre los tratamientos aplicados al cultivar.

La vida en florero (VF): se evaluó con el número de días desde que se colocarán las flores en las probetas hasta que más del 50% de ellas presentaron síntomas visuales de senescencia, la cual se determinó considerando la presencia de alguna de las siguientes características:

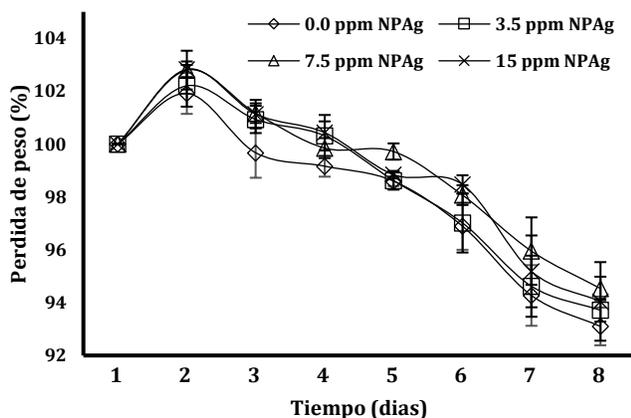
marchitez de los pétalos, oscurecimiento de los pétalos externos, pérdida de turgencia de hojas y doblamiento de cuello.

Los datos de las variables de respuesta fueron procesados con estadística descriptiva y mediante un análisis de varianza de un factor, así como pruebas de comparación de medias con la prueba de LSD con ( $p \leq 0.05$ ) mediante el software SAS® 9.0.

## Resultados y discusión

### Pérdida de peso

La pérdida de peso de los tallos florales presentó una tendencia mayor en el tratamiento que no contenía NPAG y solamente el día 5 de la vida postcosecha se presentaron diferencias significativas del tratamiento con 7.5 ppm de NPAG con respecto a los tratamientos restantes como se observa en la figura 1. Lo anterior coincide con lo reportado por Salas, *et al.* (2018) y Nemati *et al.* (2013), que también trabajó el cv. Avalanche, en donde sus tratamientos con NPAG durante todo el experimento mostraron un peso fresco mayor que el testigo.

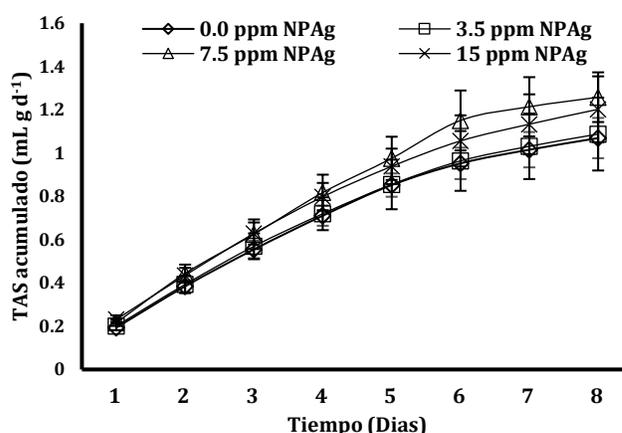


**Figura 1.** Cambios de peso de tallos florales de rosa cv. Avalanche tratados con pulsos de NPAG, con la aplicación de solución Tap Water, durante la vida postcosecha. Cada punto representa el promedio de 5 repeticiones  $\pm$  error estándar.

### Tasa de absorción de solución (TAS)

Las estructuras de conducción y el área transpiratoria que favorece la tasa de absorción de la solución en flores de corte incluye hojas, una o varias flores y algunas veces los tallos y sobre todo en las estructuras epidérmicas con actividad fotosintética que presentan estomas, los cuales se presentan muy pocas veces en tejidos no fotosintéticos como pétalos, que de ser así pueden no ser funcionales (Esau, 1965; Fahn, 1974., citados por Van Doorn, 1997)

La presencia de NPAG en los tratamientos aplicados, favoreció un incremento en la tasa de absorción de solución acumulada como lo muestra la figura 2, donde se puede observar que los tratamientos con 7.5 y 15 ppm de NPAG están por arriba de 0.0 y 3.5 ppm de NPAG, aunque sin diferencias significativas. Sin embargo, se debe destacar la actividad biocida de las NPAG, para evitar el taponamiento bacterial en los tallos de rosa cv. Avalanche. Adicionalmente, van Meeteren *et al.*, (1999) mencionan que los procesos metabólicos que aportan energía hacia los pétalos se desarrollan mejor cuando la hidratación es mayor.

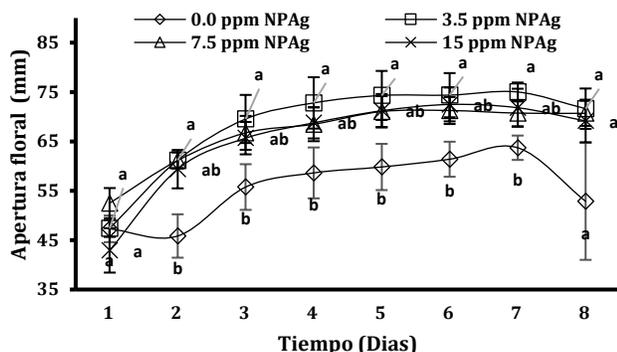


**Figura 2.** Tasa de absorción acumulada durante la vida postcosecha de tallos florales de rosa cv. Avalanche tratados con pulsos de NPAG, con la aplicación de solución Tap Water, durante la vida postcosecha. Cada punto representa el promedio de 5 repeticiones  $\pm$  error estándar.

### Apertura floral

La medición del diámetro de la corola durante la vida postcosecha, permite evaluar la apertura floral y ser un indicador de la turgencia petalar, la cual se relaciona con la capacidad de absorción y conducción del tallo, ya que el flujo de agua en esta vía contribuye a la distribución de azúcares y algunos iones requeridos para la apertura floral (Ichimura y Pun, 2003; Hernández, 2008).

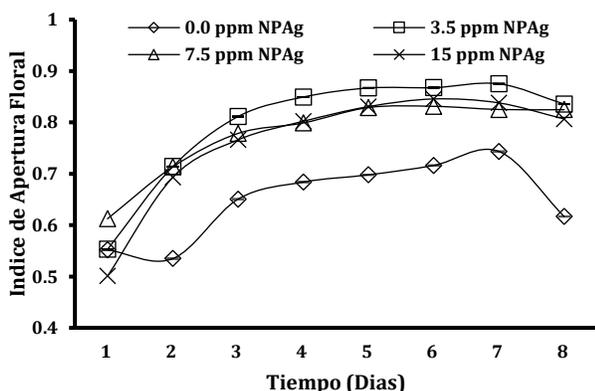
Como se observa en la figura 3, la aplicación de NPAG, favoreció la apertura floral con diferencias significativas entre el tratamiento testigo y el de 3.5 ppm de NPAG, para los tratamientos que incluyeron 7.5 y 15 ppm de NPAG la apertura fue mayor de los días 2 al 7, pero sin diferencias significativas como se muestra en la figura 3.



**Figura 3.** Apertura floral durante la vida postcosecha de tallos florales de rosa cv. Avalache tratados con pulsos de NPAg, con la aplicación de solución Tap Water, durante la vida postcosecha. Cada punto representa el promedio de 5 repeticiones  $\pm$  error estándar. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $LSD \leq 0.05$ ).

### Índice de Apertura Floral (IAF)

Mientras más próximo a 1.0 es el índice de apertura floral, significa que el botón floral estuvo más cercano a su apertura máxima. En la figura 4 muestra que los tratamientos pulsados con NPAg presentaron los valores más altos en relación al testigo, este último con un descenso a partir del día 7, mientras que los tratamientos con nanopartículas presentan un descenso hasta el día 9.



**Figura 4.** Índice de Apertura Floral durante la vida postcosecha de tallos florales de rosa cv. Avalache tratados con pulsos de NPAg, con la aplicación de solución Tap Water, durante la vida postcosecha

### Vida de florero

El estado ornamental óptimo de las flores de corte y el tiempo que se mantiene en el florero son determinantes para el consumidor, aunado a la aplicación de soluciones que permitan incrementar la vida de florero con apariencia ornamental adecuada.

Para los tallos de rosa cv. Avalache los indicadores visuales mostraron una vida de florero de 9 días para los tallos tratados con NPAg y 7 días para no que no fueron tratados con nanopartículas de plata.

### Conclusiones

La aplicación de soluciones pulsos de nanopartículas de plata (NPAg) a tallos florales de rosa cultivar Avalanche, favoreció una tendencia en el incremento de las variables: apertura floral, tasa de absorción de solución, así como el índice de apertura floral durante la vida postcosecha, mientras que no se observó un efecto significativo en la pérdida de peso fresco durante vida de florero.

### Agradecimientos

Al Químico Cecilio Bautista Bañuelos, al Dr. Juan Ayala Arreola y a la FES Iztacala por el apoyo recibido durante el desarrollo de este trabajo.

### Referencias

- Asrar, A.W.A. (2012). Effects of some preservative solutions on the life in the vase and the maintenance of the quality of the cut flowers of dragon mouth (*Antirrhinum majus* L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 11 (1), 29-35.
- Asghari, R., Salari, A. y Gharehdaghi, S. (2014). Effect of pulsing solution and packaging type under exogenous ethylene on physiological characteristics and post harvesting quality of cut roses (*Rosa hybrida*). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 14, 329-335.
- De la Cruz-Guzmán, G.H., Arriaga F. A., Mandujano P. M. y Elias A. J. B. (2007). Efecto de tres preservadores de la longevidad sobre la vida postcosecha de *Rosa* cv. Realeza. *Revista Chapingo serie horticultura*, 13 (1), 109-113.
- De la Cruz-Guzmán, G. H., Arévalo G. M. L., Peña V.C.B., Lao A. M. T., Castillo, G. A., Colinas L M. T. y Mandujano P. M. (2018). Efecto del manejo seco y húmedo en la calidad postcosecha de tres cultivares de *Rosa hybrida*. *Agrociencia*, 52(8), 1137-1148.
- Elgimabi, M. E. N. E. (2011). Vase life extension of Rose cut flowers (*Rosa Hybrida*) as influenced by silver nitrate and sucrose pulsing. *Am. J. Agric. Biol. Sci*, 6(1), 128-133.
- Hernández J.A., León C.T., Aguilar V., Flores E.A., Brindis C.R y García C.G. (2008). Soluciones y refrigeración para alargar la vida postcosecha de rosa cv. 'Black Magic'. *Rev. Fitotec. Mex.*, 31 (3), 73-77.

- Ichimura K. and Pun K.U. (2003). Role of sugars in senescence and biosynthesis ethylene in cut flowers. *JARQ*, 37(4),219-224.
- Jowkar, M. M., Khalighi, A., Kafi, M., y Hassanzadeh, N. (2013). Effect of Nano silver application as vase solution biocide on postharvest properties of cut 'Cherry Brandy' rose flowers. In International Conference on Quality Management in Supply Chains of Ornamentals QMSCO2012 970 (pp. 299-308).
- Kader, H. H. A. (2012). Effects of nanosilver holding and pulse treatments, in comparison with traditional silver nitrate pulse on water relations and vase life and quality of the cut flowers of *Rosa hybrida* L. cv. Tineke. *World Applied Sciences Journal*, 20(1), 130-137.
- Manzoor, A., Bashir, A. M. y Hashmi, M. (2020). Nanoparticles as a preservative solution can enhance postharvest attributes of cut flowers, *Italus Hortus*. 27. 1-14.
- Naing, A.H. y Kim, C.K. (2020). Application of nano-silver particles to control the postharvest biology of cut flowers: A review. *Scientia Horticulturae*, 270, 109463. doi: 10.1016/j.scienta.2020.109463
- Nemati, S. H., Tehranifar, A., Esfandiari, B., y Rezaei, A. (2013). Improvement of Vase Life and Postharvest Factors of *Lilium orientalis* "Bouquet" by Silver Nano Particles. *Notulae Scientia Biologicae*, 5(4), 490-493.
- Rafi, Z. N., y Ramezani, A. (2013). Vase life of cut rose cultivars 'Avalanche' and 'Fiesta' as affected by Nano-Silver and S-carvone treatments. *South African Journal of Botany*, 86, 68-72.
- Salas-Solís, C.V., Zavaleta-Mancera, A., Arévalo Galarza, M. de L., Carrillo-López, L.M. y Luna-Cavazos, M. (2018). Sacarosa y ácido cítrico en soluciones con nano partículas de plata, en la vida florero de rosa. *Agro-Ciencia*, 52(7), 951-965.
- Soriano, M. L. A. A., López, G. A. G., Cortéz, M. G., Mendoza, M. E., y Peralta, R. R. D. (2018). Nanopartículas de óxido de zinc y óxido de zinc/grafeno empleadas en soluciones florero durante la vida poscosecha de lisianthus (*Eustoma grandiflorum*). *Agroproductividad*, 11(8), 137-144
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2022) Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Recuperado 1 de abril de 2022, [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/)
- van Doorn, W.G. (1997). Water relations of cut flowers. *Horticultural Reviews*, 18, 1-85.
- van Meeteren, U., van Gelder, H. and van Ieperen, W. (1999). Reconsideration of the use of deionized water as vase water in post-harvest experiments on cut flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 17, 175-187
- Zahedi, S.M., Karimi, M. and Teixeira da Silva, J.A. (2020). The use of nanotechnology to increase quality and yield of fruit crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(1), 25-31.