

Tolerancia a la salinidad en el agua de riego en vinca (*Catharanthus roseus* L.)

Tolerance to salinity in irrigation water in vinca (*Catharanthus roseus* L.)

Elva Ixchel Landeros-Ortiz¹, Luis Alonso Valdez-Aguilar² , Martín Cadena-Zapata³ , Irán Alia-Tejacal⁴ , Pedro Pérez-Rodríguez⁵ , Daniela Alvarado-Camarillo^{5*} 

¹Programa de Maestría en Ingeniería en Sistemas de Producción, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calz. Antonio Narro 1923, CP. 25315. Saltillo, Coahuila, México.

²Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calz. Antonio Narro 1923, CP. 25315. Saltillo, Coahuila, México.

³Departamento de Maquinaria Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calz. Antonio Narro 1923, CP. 25315. Saltillo, Coahuila, México.

⁴Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, CP. 62210. Cuernavaca, Morelos, México.

⁵Departamento de Ciencias del Suelo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calz. Antonio Narro 1923, CP. 24315. Saltillo, Coahuila, México.

* Autor de correspondencia: daniela.alvaradoc@uaaan.edu.mx

Artículo científico

Recibido: 09 de septiembre 2025

Aceptado: 16 de noviembre 2025

RESUMEN. La salinidad representa un reto para los agricultores, especialmente de plantas de ornato, debido a que la apariencia estética de las plantas determina su valor comercial. Vinca es una planta de interés ornamental pero también por su alto valor farmacéutico ya que produce valiosos compuestos con propiedades medicinales. En el presente estudio se evaluó el efecto de la salinidad por NaCl en la solución nutritiva en la acumulación de biomasa y su efecto en la capacidad antioxidante y estado nutrimental en dos cultivares, Polka dot y Valiant, de vinca. La salinidad por NaCl afectó el crecimiento y absorción de nutrientes de Polka dot, siendo este cultivar más sensible al estrés salino. El cultivar Valiant demostró tolerancia a la salinidad incluso a una concentración de 35 mmol de NaCl ya que su crecimiento se mantuvo estable. La salinidad causó un desbalance nutrimental en Polka dot ya que la concentración foliar de Ca y K disminuyeron. Polka dot, a pesar de ser más sensible a la salinidad, produjo una mayor concentración de flavonoides y tuvo una mayor actividad antioxidante.

Palabras clave: Estrés abiótico, ornamentales, calidad de agua para riego, conductividad eléctrica.

ABSTRACT. Salinity represents a challenge for farmers, especially those growing ornamental crops, because the esthetic appearance of the plants determines their commercial value. Vinca is a plant of ornamental interest but also for its high pharmaceutical value as it produces valuable compounds with medicinal properties. In the present study, the effect of salinity by NaCl in the nutrient solution on biomass accumulation and its effect on antioxidant capacity and nutrient status in two cultivars, Polka Dot and Valiant, of vinca was evaluated. Salinity from NaCl affected the growth and nutrient absorption of Polka Dot, making this cultivar more sensitive to salt stress. The Valiant cultivar demonstrated tolerance to salinity even at a concentration of 35 mmol of NaCl as its growth remained unaffected. Salinity caused a nutrient imbalance in Polka dot as the foliar concentration of Ca and K decreased. Polka dot, despite being more sensitive to salinity, produced a higher concentration of flavonoids and had greater antioxidant activity.

Keywords: Abiotic stress, ornamentals, quality of irrigation water, electric conductivity.

Como citar: Landeros-Ortiz EI, Valdez-Aguilar LA, Cadena-Zapata M, Alia-Tejacal I, Pérez-Rodríguez P, Alvarado-Camarillo D (2026) Tolerancia a la salinidad en el agua de riego en vinca (*Catharanthus roseus* L.). Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 13(1): e4771. DOI: 10.19136/era.a13n1.4771.

INTRODUCCIÓN

La agricultura es el sector que más agua consume, pues se estima que, en promedio, el 80% de todos los recursos hídricos disponibles se emplea para el riego de los cultivos (Velasco-Muñoz *et al.* 2018). Sin embargo, conforme se intensifica la escasez de agua, una proporción cada vez mayor es transferida de su uso agrícola hacia otros sectores económicos para cubrir diferentes necesidades, como lo es la generación de energía, y para uso doméstico en asentamientos humanos con poblaciones cada vez más grandes (Strzepek y Boehlert 2010).

La salinidad se considera un problema de degradación generada por la acumulación en los mantos freáticos de iones debido a un exceso de riego y una alta tasa de evaporación, así como por una deficiente calidad de agua y el uso excesivo de fertilizantes (Barkla *et al.* 2007, Pérez y Sandoval 2014). Las principales sales causantes de la salinidad incluyen a los cloruros y sulfatos de sodio y de magnesio, los cuales causan que se eleve la conductividad eléctrica y presión osmótica del agua (Mata-Fernandez *et al.* 2014). El estrés causado por la salinidad afecta negativamente el desarrollo de las plantas; en los cultivos agrícolas, la salinidad reduce la productividad y rentabilidad, afectando marcadamente a los productores (Orosco-Alcalá *et al.* 2018). La alta presión osmótica asociada a la salinidad ocasiona que las plantas se marchiten ya que las raíces no pueden absorber el agua, aunque esta se encuentre presente, ocasionando una sequía fisiológica (Zaman *et al.* 2018). La salinidad es el principal tipo de estrés que ocasiona una deshidratación celular, lo cual ocasiona respuestas en las plantas que, a través de la síntesis de metabolitos secundarios, contribuyen a reducir la oxidación celular (Jan *et al.* 2021). El estrés por sales también produce un estrés oxidativo a nivel subcelular en las hojas (Acosta -Motos *et al.* 2014) y, en respuesta a este estrés, las plantas producen metabolitos como los flavonoides, aceites volátiles, alcaloides, taninos, resinas, entre otros (Thakur *et al.* 2019). La salinidad también causa problemas a nivel enzimático en procesos metabólicos como la glucolisis, resultando en una menor disponibilidad de energía y nutrientes (Mata-Fernandez *et al.* 2014).

El cultivo de plantas ornamentales conlleva el uso de grandes volúmenes de agua, la cual debe de ser de alta calidad para el riego. Esto se debe a que, en este tipo de cultivos, el atractivo visual de las plantas es de primordial importancia para atraer el gusto de los consumidores, el cual es afectado si estas especies se riegan con agua de deficiente calidad. Se ha reportado que el riego de los cultivos ornamentales con agua alta en sales trae efectos deletéreos en el crecimiento, producción de biomasa y vida de anaquel ocasionados por los efectos osmóticos y iónicos de la salinidad (García-Caparrós y Lao 2018). Para la producción de cultivos ornamentales, la calidad del agua, en particular el pH, la salinidad y la alcalinidad, son parámetros preponderantes para determinar prácticas como el riego, tipo de fertilización y tipo de sustrato para tomar decisiones de manejo del cultivo (Cabrera *et al.* 2017).

Vinca (*Catharanthus roseus* L.) es una planta ornamental muy utilizada en jardines que tiene el potencial de remediar suelos contaminados con metales pesados (Ehsan *et al.* 2016), además de ser empleada como una planta medicinal debido al efecto anticancerígeno de algunos alcaloides que produce (Idress *et al.* 2011, Nejat *et al.* 2015, Vrabec *et al.* 2025), antidiarreico y antihelmíntico (Dubei *et al.* 2020). En México, las plantas de vinca se establecen en jardines ubicados en todo el país, incluyendo en zonas donde se riegan con agua de mala calidad por sus elevados contenidos de

sales solubles, ocasionando una reducción en el crecimiento (De la Rosa-Mera *et al.* 2011; Escalona *et al.* 2014). El objetivo del presente estudio fue el determinar el nivel de salinidad en el agua de riego que las plantas de dos cultivares de vinca pueden tolerar sin afectar la acumulación de biomasa, así como el efecto de la salinidad en la actividad antioxidante y el estado nutrimental, bajo la hipótesis de que al menos uno de los cultivares empleados mostrará algún grado de tolerancia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la investigación

El estudio se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México, situada a una latitud de 25°21'24" LN y longitud de 101°02'05" LO, a una altitud de 1765 msnm.

Material vegetal, riego y preparación del sustrato

Plántulas de los cultivares de vinca Polka Dot y Valiant fueron trasplantadas en contenedores de 3 L utilizando un sustrato preparado con una mezcla (80% / 20% v/v) de turba de sphagnum y perlita de grado hortícola. El pH del sustrato y la conductividad eléctrica (CE) se ajustaron a 5.8 y 0.25 dS m⁻¹, respectivamente. Las plantas fueron irrigadas con una solución nutritiva completa conteniendo 9 meq L⁻¹ NO₃⁻, 0.75 meq L⁻¹ H₂PO₄⁻, 5.4 meq L⁻¹ SO₄²⁻, 5.3 meq L⁻¹ K, 6.8 meq L⁻¹ Ca, 3.1 meq L⁻¹ Mg, 5.3 mg L⁻¹ Fe, 0.4 mg L⁻¹ Zn, 2.6 mg L⁻¹ Mn, 0.5 mg L⁻¹ Cu, y 0.2 mg L⁻¹ B. El pH y la alcalinidad final de la solución nutritiva se ajustó a 5.8 y 1.0 meq L⁻¹, respectivamente.

Tratamientos de salinidad

Los tratamientos de salinidad se impusieron añadiendo NaCl a la solución nutritiva de riego a partir de los 45 días después del trasplante. Las plantas se separaron en cuatro grupos irrigados con la solución nutritiva mencionada anteriormente a la cual se le agregó 0, 10, 20 y 35 mmol de NaCl. Las CE finales de las soluciones nutritivas fueron 1.7, 2.7, 3.7 y 5.2 dS m⁻¹, respectivamente.

Parámetros de crecimiento

Las plantas de vinca fueron cosechadas 81 días después del trasplante. Al finalizar el estudio, el crecimiento de las plantas se evaluó midiendo la altura y el diámetro de planta, así como el diámetro del tallo. Las plantas se separaron en flores, hojas, tallos y raíces, se embolsaron y se secaron en un horno a 60 °C durante 72 horas y luego se pesaron para obtener el peso seco.

Análisis mineral

Al finalizar el experimento, las hojas secas de las plantas de vinca cultivar Polka dot se molieron y se digestaron en una mezcla de ácido nítrico y ácido sulfúrico para posteriormente determinar el contenido de P, K, Ca, Mg, Na y Cl empleando el analizador de plasma inductivamente acoplado. La concentración de N se determinó por el procedimiento de microKjeldhal.

Química analítica

Al finalizar el estudio, se recolectó una muestra de hojas frescas y se congelaron a -20 °C. Posteriormente, 1 g de hojas congeladas se homogeneizó con 12 mL de agua destilada y se centrifugó a 5 000 rpm durante 5 minutos para obtener los extractos. Los extractos para la determinación de flavonoides se realizaron con 12 mL de metanol. El contenido total de fenoles (mg de ácido gálico por 100 g de peso fresco) se determinó mediante el método de Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.* 1999) utilizando ácido gálico para la curva estándar, mientras que la concentración de flavonoides se determinó en una muestra de 1 g de hojas frescas (mg de quercitina por cada 100 g de peso fresco) de acuerdo al procedimiento de Arvouet-Grand *et al.* (1994) y el contenido de azúcares (g por 100 g de peso fresco) según la metodología de antrona descrita por Whitam *et al.* (1971).

Actividad antioxidante

La actividad antioxidante en hojas de vinca se determinó por tres métodos y en todos los casos se expresó en mg equivalentes de ácido ascórbico por 100 de peso fresco. Los antioxidantes por ABTS se determinaron de acuerdo con la metodología de Re *et al.* (1999) mezclando el reactivo ácido 2,2'-Azino-bis-(3-etylbenzotiazolina)-6-sulfónico con persulfato de potasio en una proporción de 1:1 y se midió la absorbancia en un espectrofotómetro a 734 nm. Los antioxidantes por el método DPPH se extrajeron con una solución de metanol al 80% y se midieron con un espectrofotómetro a 517 nm, mientras que el poder antioxidante reductor férrico (FRAP) se evaluó según Benzie y Strain (1996).

Diseño experimental y análisis estadístico

El estudio se estableció como un experimento factorial, donde un factor correspondió a los dos cultivares y el otro factor fue la concentración de NaCl. Los tratamientos se distribuyeron en un experimento completamente al azar con tres repeticiones de 3 plantas cada repetición. Se realizó un análisis de varianza con SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, EE. UU.) y cuando se detectó significancia, se realizó una comparación múltiple de medias utilizando la prueba de Duncan con $p < 0.05$.

RESULTADOS

El cultivar Polka dot mostró mayor crecimiento en comparación con Valiant, ya que el peso seco de hojas, tallos y flores, así como la altura y el diámetro de la planta fue mayor (Tabla 1). Sin considerar los cultivares, la salinidad causó una reducción significativa en el peso seco de tallos y flores, así como en la altura y diámetro de las plantas (Tabla 1).

La interacción significativa indica que en Polka dot el peso seco de hojas disminuyó de manera lineal al elevarse la salinidad en la solución nutritiva, mientras que en Valiant no se observa un efecto significativo (Figura 1). El peso seco de tallos y flores mostró respuesta similar en ambos cultivares, disminuyendo significativamente en Polka dot cuando la concentración de NaCl fue de 20 mmol, mientras que en Valiant no hubo efecto significativo (Figura 1). El peso seco de raíz no mostró una tendencia clara.

Tabla 1. Efecto de la salinidad por NaCl en el agua de riego en el crecimiento y peso seco de plantas de vinca.

| Factor | Nivel | Hojas | Tallo | Raíz | Flores | Altura (cm) | Diámetro de planta (cm) | Diámetro de tallo (mm) |
|--------|-------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|
| | | Peso seco (g) | | | | | | |
| Cvr | Polka dot | 7.48 ^a | 2.10 ^a | 1.13 | 2.92 ^a | 23.3 ^a | 24.4 ^a | 7.45 |
| | Valiant | 3.49 ^b | 1.15 ^b | 1.18 | 1.06 ^b | 17.2 ^{ab} | 19.4 ^b | 6.22 |
| | 0 | 6.95 | 1.91 ^a | 1.10 | 2.37 ^a | 21.7 ^a | 22.8 ^a | 7.95 |
| | NaCl mmol | 10 | 5.75 | 1.84 ^a | 1.50 | 1.92 ^{ab} | 21.4 ^a | 23.9 ^a |
| | 20 | 4.67 | 1.14 ^b | 0.92 | 1.43 ^b | 16.9 ^b | 19.0 ^b | 6.19 |
| | 35 | 4.55 | 1.60 ^{ab} | 1.12 | 2.25 ^a | 21.0 ^a | 22.0 ^{ab} | 6.73 |
| Anova | Cultivar | p = 0.001 | p < 0.001 | p = 0.841 | p < 0.001 | p < 0.001 | p < 0.001 | p = 0.167 |
| | NaCl | p = 0.214 | p = 0.027 | p = 0.452 | p = 0.018 | p = 0.008 | p = 0.018 | p = 0.479 |
| | Interacción | p = 0.043 | p = 0.017 | p = 0.038 | p = 0.081 | p = 0.220 | p = 0.191 | p = 0.289 |

Promedios seguidos de diferentes letras indica efectos significativos de acuerdo con la prueba de Duncan con p < 0.05.

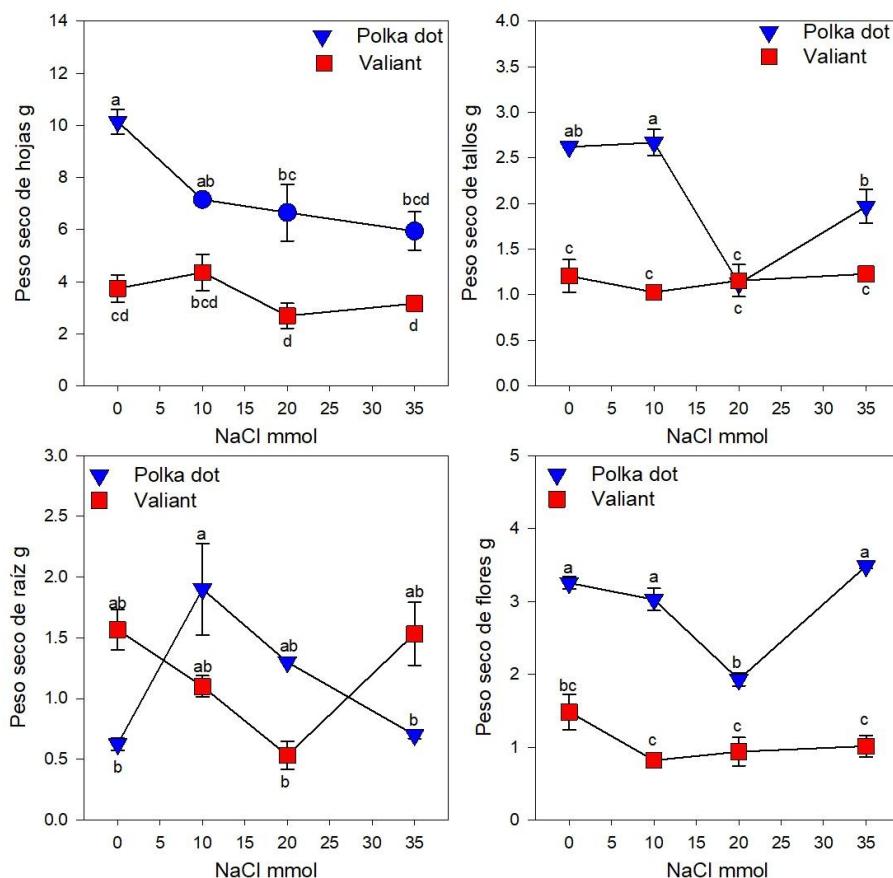


Figura 1. Efecto de la salinidad por NaCl en el agua de riego en el peso seco de plantas de vinca. Las barras representan el error estándar de la media. Símbolos con diferente letra indica diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Duncan con p < 0.05.

Con excepción del DPPH, la capacidad de antioxidantes no fue afectada por los tratamientos (Tabla 2), sin embargo, en la Figura 2 se puede observar que la actividad antioxidante por DPPH fue mayor el Polka dot en comparación con Valiant, en tanto que, mediante el FRAP, esta fue mayor en Valiant, al menos con niveles de salinidad de 0 a 20 mmol de NaCl. El contenido de fenoles no fue afectado por la salinidad, sin embargo, la concentración de flavonoides fue mayor en plantas en Polka dot cuando se irrigaron con soluciones de 35 mmol de NaCl, mientras que los azúcares totales fue mayor en plantas del tratamiento control (Figura 3). Si bien los flavonoides y azúcares totales en Valiant fueron menores que los de Polka dot, estos no fueron afectados por la salinidad (Figura 3).

Tabla 2. Efecto de la salinidad por NaCl en el agua de riego en la capacidad antioxidant y componentes metabólicos en hojas de vinca.

| Factor | Level | Capacidad antioxidant | | | Fenoles EAG/100 g PF | Flavonoides EQ/100 g PF | Azúcares Totales mg g ⁻¹ |
|--------------|-------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------------------|
| | | DPPH μmol Fe ²⁺ g ⁻¹ | FRAP μmol Fe ²⁺ g ⁻¹ | ABTS TE g ⁻¹ | | | |
| Cultivar | Polka dot | 72.6 ^a | 21.1 | 123.5 | 174.7 | 1177.5 ^a | 18.0 ^a |
| | Valiant | 48.2 ^b | 27.1 | 112.1 | 161.0 | 1031.5 ^b | 14.5 ^b |
| | 0 | 53.3 | 28.5 | 113.9 | 168.5 | 1066.6 | 19.9 ^a |
| NaCl mmol | 10 | 52.5 | 21.0 | 124.1 | 179.3 | 1169.9 | 14.5 ^b |
| | 20 | 65.1 | 27.5 | 123.2 | 154.7 | 1031.3 | 15.1 ^b |
| | 35 | 70.8 | 19.4 | 110.0 | 168.9 | 1150.3 | 15.4 ^b |
| Anova | Cultivar | p = 0.014 | p = 0.099 | p = 0.380 | p = 0.551 | p = 0.041 | p = 0.016 |
| | NaCl | p = 0.407 | p = 0.197 | p = 0.824 | p = 0.896 | p = 0.041 | p = 0.039 |
| | Interacción | p = 0.750 | p = 0.288 | p = 0.834 | p = 0.629 | p = 0.517 | p = 0.132 |

Promedios seguidos de diferentes letras indica efectos significativos de acuerdo con la prueba de Duncan con p < 0.05.

El estrés causado por la salinidad produjo un desbalance nutrimental en las plantas de vinca cv Polka dot. La concentración foliar de N tendió a aumentar (Figura 4), mientras que el P y K (Figura 4) y el Ca (Figura 5) disminuyeron significativamente. En relación a las plantas del tratamiento control, la reducción de P y K llegaron a ser de hasta el 22 y 33%, respectivamente, mientras que en el caso del Ca esta fue del 12%. El Mg (Figura 5), así como el Na y el Cl (Figura 6), aumentaron significativamente en las hojas de las plantas irrigadas con soluciones conteniendo altas concentraciones de NaCl. En el caso del Mg, este aumentó en 11% con 20 mmol de NaCl, mientras que el Na y el Cl aumentaron en 293 y 121%, respectivamente.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indican que Polka dot tiene un hábito de crecimiento más robusto que Valiant ya que mostró mayor acumulación de biomasa; sin embargo, al elevarse la salinidad, esta biomasa disminuyó marcadamente, especialmente en las hojas y tallos. El cultivar Valiant es considerado como “algo tolerante” a la salinidad, lo cual es debido a que el peso seco disminuye

ente 70 y 90% cuando se riega con soluciones con 80 mmol NaCl en comparación con plantas irrigadas con soluciones con 0 mmol NaCl (Villarino y Manzo 2011); en el presente estudio, la reducción en el peso seco total fue del 27% al utilizar soluciones nutritivas con 35 mmol de NaCl. Los resultados señalan que Polka dot se puede considerar como un cultivar no tolerante a la salinidad ya que no mostró efectos significativos en la biomasa de hojas, tallos, raíces y flores al irrigarse con soluciones con 10 mmol de NaCl, mientras que con 20 mmol si se redujeron significativamente casi todos los parámetros de crecimiento. Polka dot es un cultivar que muestra reducciones en la altura y ancho de las plantas (Villarino y Mattson 2011), lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio cuando las plantas se irrigaron con 20 mmol de NaCl. Se ha señalado que la salinidad tiene un efecto reducido sobre el peso seco de las raíces (García-Caparrós y Lao 2018), lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio, ya que no se detectó una disminución significativa, sino más bien un incremento en el peso seco de raíz en plantas tratadas con 10 mmol de NaCl. El efecto de la salinidad en el crecimiento de la parte aérea de las plantas se ha atribuido a un efecto negativo sobre la fotosíntesis, tasa transpiratoria y a una modificación en las relaciones hídricas (Cassaniti *et al.* 2012, Choi *et al.* 2018, Negrão *et al.* 2017, García-Caparrós y Lao 2018).

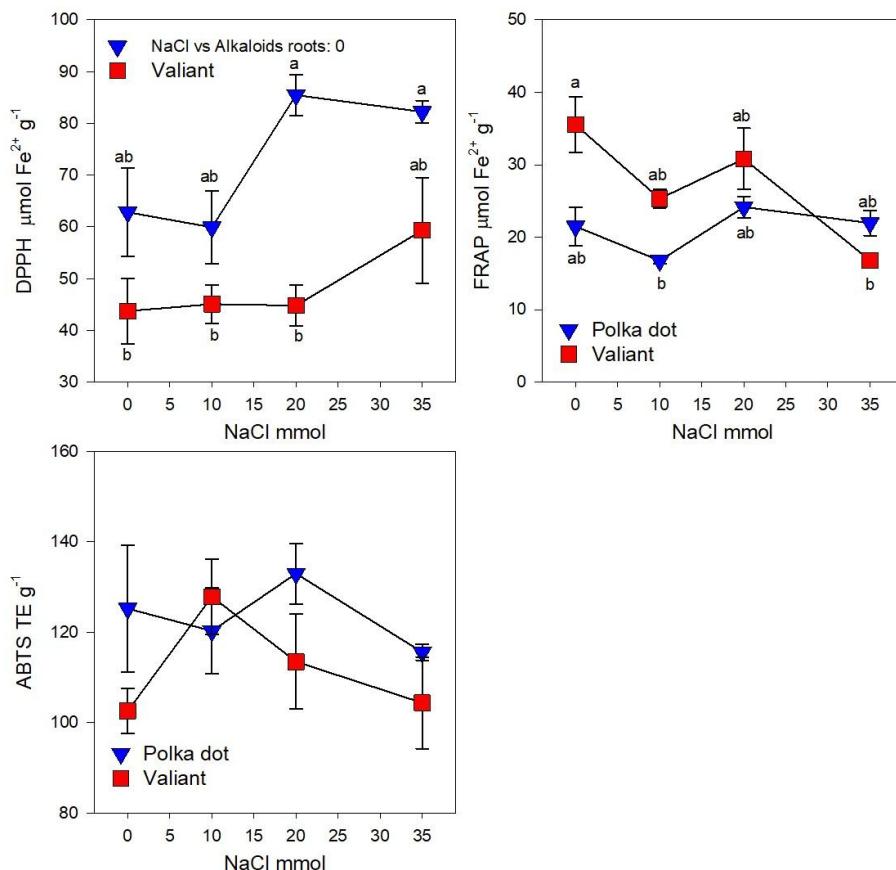


Figura 2. Efecto de la salinidad por NaCl en el agua de riego en la capacidad antioxidante en hojas de vinca. Las barras representan el error estándar de la media. Símbolos con diferente letra indica diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Duncan con $p < 0.05$.

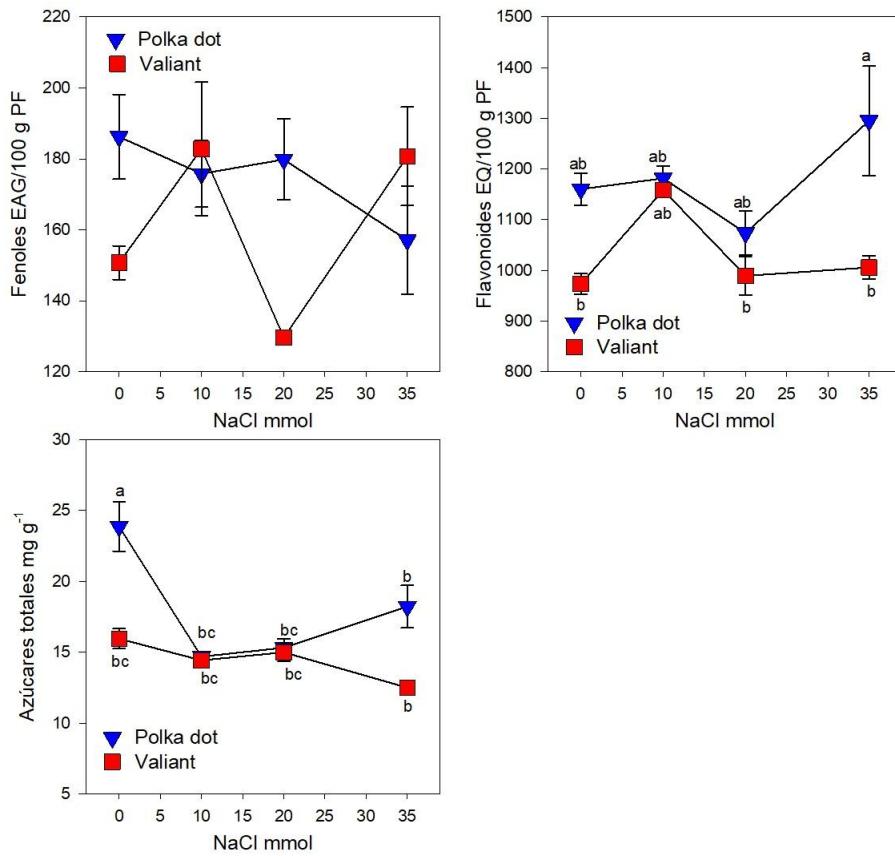


Figura 3. Efecto de la salinidad por NaCl en el agua de riego en el contenido de metabolitos en hojas de vinca. Las barras representan el error estándar de la media. Símbolos con diferente letra indica diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Duncan con $p < 0.05$.

En comparación con Polka dot, Valiant mostró un crecimiento más limitado, sin embargo, este cultivar resultó ser más tolerante a la salinidad ya que la biomasa no fue afectada aun con niveles de 35 mmol de NaCl. De acuerdo con Marković *et al.* (2022), vinca tiene una tolerancia a la salinidad de hasta aproximadamente 3 dS m⁻¹, sin embargo, los resultados del presente estudio muestran que Valiant fue tolerante hasta 5.2 dS m⁻¹, mientras que Polka dot toleró solamente hasta 2.7 dS m⁻¹. Entre los efectos causados por el estrés salino se menciona que las plantas responden produciendo especies reactivas de oxígeno (Akyol *et al.* 2020), las cuales causan una peroxidación de los lípidos de las membranas, además de oxidar proteínas y ácidos nucleicos. Algunas especies han desarrollado mecanismos para la detoxificación de especies reactivas de oxígeno, entre las que se incluye la producción de antioxidantes enzimáticos (superóxido dismutasa, catalasa, peroxidasa, ascorbato peroxidasa y glutatión peroxidasa) y no enzimáticos (ascorbato, compuestos fenólicos, flavonoides, alcaloides, tocoferol, aminoácidos no proteínicos, etc.) (Hasanuzzaman *et al.* 2021). En el presente estudio se observó que aunque Polka dot fue más sensible a la salinidad, este cultivar produce una mayor cantidad de antioxidantes determinados por la técnica DPPH, así como de flavonoides, lo que sugiere que un aumento en la capacidad antioxidante no necesariamente conlleva a un aumento en la tolerancia a la salinidad (Guzmán y Marques 2023); sin embargo, la tolerancia de Valiant a la salinidad si estuvo relacionada con un aumento del 36% en la capacidad

antioxidante cuantificado mediante la técnica DPPH en plantas irrigadas con soluciones de 35 mmol de NaCl, la cual llega a ser estadísticamente similar a Polka dot.

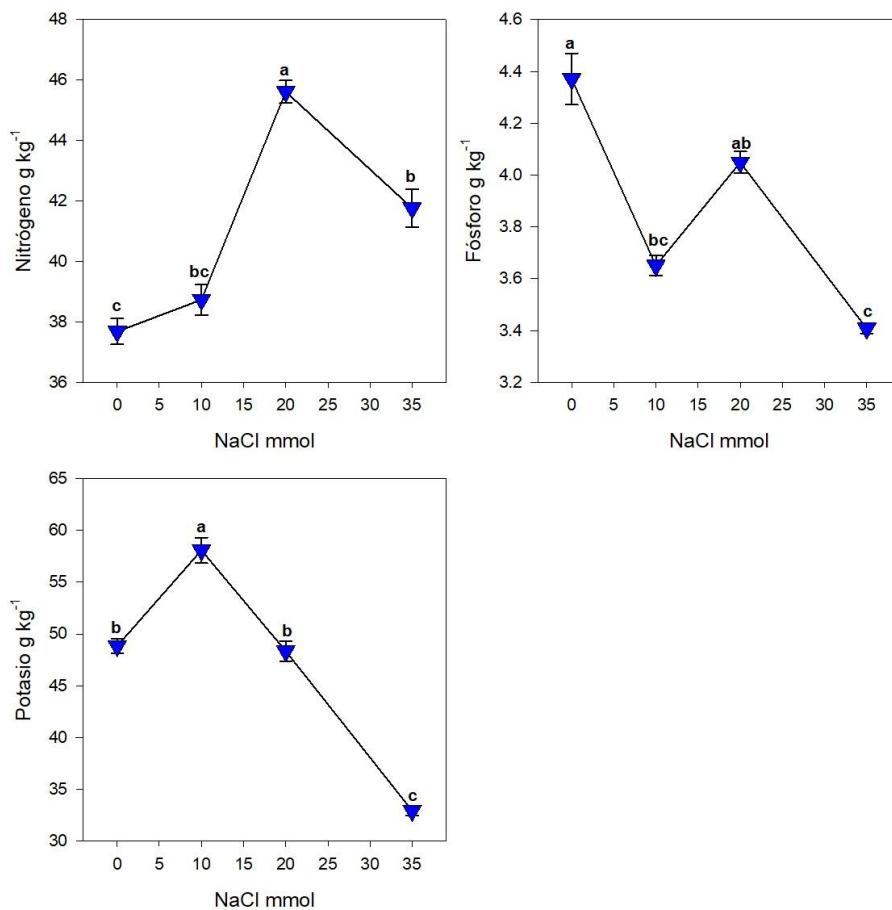


Figura 4. Efecto de la salinidad por NaCl en el agua de riego en la concentración foliar de nitrógeno, fósforo y potasio en vinca cv. Polka dot. Las barras representan el error estándar de la media. Símbolos con diferente letra indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Duncan con $p < 0.05$.

En plantas ornamentales se ha señalado que la salinidad afecta la capacidad de abastecimiento de nutrientes a la parte aérea (Negrão *et al.* 2017, García-Caparrós y Lao 2018). En el caso de que la salinidad sea causada por exceso de Na y Cl, la tasa de absorción y concentración de estos iones aumenta, reduciendo los nutrientes esenciales en la planta; el Na y el Cl alteran las relaciones hídricas, causando un estrés hiperosmótico, por lo que las plantas responden de manera similar a como responden al estrés hídrico al disminuir el potencial hídrico y la absorción de agua (Hasanuzzaman *et al.* 2021), resultando en un estrés osmótico que altera la conductancia estomática y la fotosíntesis. En el presente estudio, el Na y el Cl en Polka dot se acumularon marcadamente en las hojas, lo que sugiere que el efecto de esos iones sobre el potencial hídrico pudo afectar la expansión celular y, por lo tanto, el crecimiento de las plantas, además de afectar la fotosíntesis y la acumulación de biomasa (Dai *et al.* 2014), como se ha reportado previamente en vinca (Idrees *et al.* 2011).

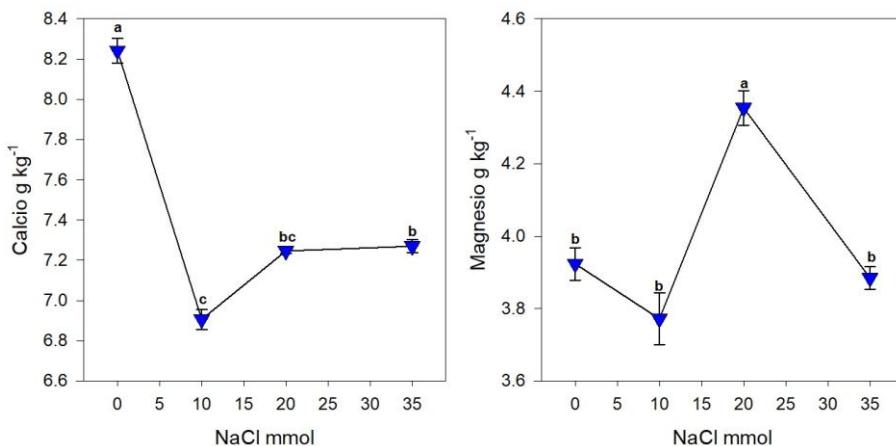


Figura 5. Efecto de la salinidad por NaCl en el agua de riego en la concentración foliar de calcio y magnesio en vinca cv Polka dot. Las barras representan el error estándar de la media. Símbolos con diferente letra indica diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Duncan con $p < 0.05$.

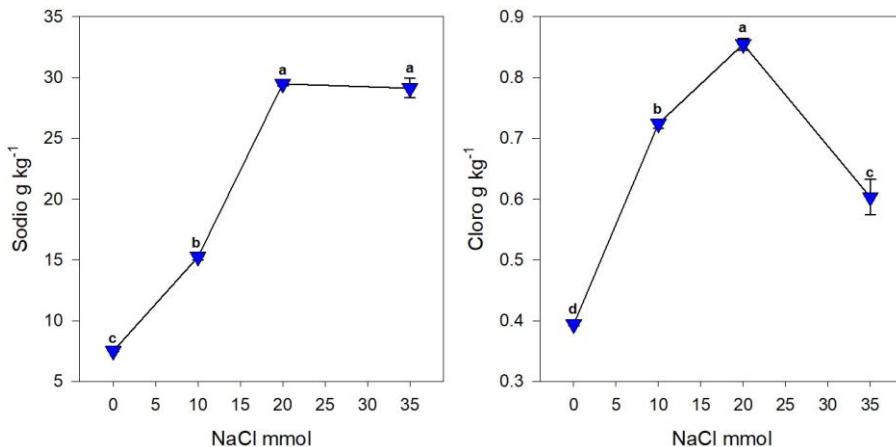


Figura 6. Efecto de la salinidad por NaCl en el agua de riego en la concentración foliar de sodio y cloro en vinca cv Polka dot. Las barras representan el error estándar de la media. Símbolos con diferente letra indica diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Duncan con $p < 0.05$.

La acumulación del Na y el Cl causan una competencia con la absorción de otros iones de valencia similar, como se observó en el presente estudio; por ejemplo, la acumulación de Na pudo haber disminuido la absorción de cationes como el K y Ca mientras que la de Cl pudo haber afectado la absorción de P, el cual es absorbido en forma de H_2PO_4^- . Asimismo, la reducción en la absorción de K y Ca explica el aumento en la acumulación de Mg en las hojas de vinca debido al antagonismo que existe entre cationes para mantener un balance de cargas (Tang y Luan 2016, Coskun y White 2023), ya que al disminuir la concentración de iones antagonistas se facilita la absorción y acumulación de Mg. La relación entre el K y el Mg puede llegar a ser de antagonismo (Ding *et al.* 2006, Xie *et al.* 2021), aunque también puede ser sinergista, lo cual depende de la especie cultivada (Xie *et al.* 2021); sin embargo, la evidencia mostrada en el presente estudio indica que en vinca si existe un antagonismo entre estos iones. En sorgo, Kausar y Gull (2019) también reportaron que se presenta una disminución en la acumulación no solo de Mg sino también de P por efecto de la

salinidad causada por NaCl, lo que coincide con los resultados obtenidos en este estudio. Kosh Kholgh Sima *et al.* (2012) y Xie *et al.* (2022) atribuyen la reducción en la acumulación de P bajo condiciones de salinidad a una disminución en la actividad del ion $H_2PO_4^-$, mientras que aumenta la proporción de P inorgánico estable.

El Na no es considerado un nutriente esencial, sin embargo, se le puede considerar como un elemento “funcional” en algunas especies en las cuales estimula el crecimiento y puede remplazar parcialmente algunas funciones del K, como lo es el ajuste osmótico en la vacuola, la regulación de la turgencia celular y su papel como ion acompañante en el transporte a larga distancia (Nieves-Cordones *et al.* 2016). A pesar de esto, en altas concentraciones, el Na compite con la absorción de K, mientras que desplaza el Ca de las paredes y membranas celulares (Cramer *et al.* 1985), lo que se manifiesta en la perdida de la integridad de las membranas (Arshad *et al.* 2012); estos argumentos explican los resultados obtenidos en cuanto a la disminución en la concentración foliar de K y Ca. Una disminución significativa en la concentración de K y Ca en hojas de plantas de vinca sometidas a salinidad por NaCl ha sido reportada también por Cartmill *et al.* (2013).

CONCLUSIONES

Polka dot mostró un crecimiento aceptable a niveles de 10 mmol de NaCl mientras que Valiant no mostró una reducción significativa incluso a niveles de 35 mmol de NaCl. La tolerancia de Valiant estuvo asociada con un incremento en la capacidad antioxidante, sin embargo, aunque Polka dot mostró una mayor capacidad antioxidante que las de Valiant, esto no fue suficiente para impartirle tolerancia al estrés salino. La baja tolerancia de Polka dot estuvo asociado con una excesiva acumulación de Na y Cl en las hojas, ocasionando una reducción en K, Ca, y P.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Acosta-Motos J, Díaz-Vivancos P, Álvarez S, Fernández N, Sánchez-Blanco MJ, Hernández JH (2014) Mecanismos de tolerancia desarrollados por plantas de *Myrtus communis* L. y *Eugenia myrtifolia* L. a distintos niveles de salinidad. Actas de Horticultura 68: 130-135.
- Akyol TY, Yilmaz O, Uzilday B, Uzilday RÖ, Türkan I (2020) Plant response to salinity: An analysis of ROS formation, signaling, and antioxidant defense. Turkish Journal of Botany 44: 1-13. <https://doi.org/10.3906/bot-1911-15>
- Arshad M, Saqib M, Akhtar J, Ashgar M (2012) Effect of calcium on the salt tolerance of different wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Pakistan Journal of Agricultural Sciences 49: 497-504.
- Arvouet-Grand A, Vennat B, Pourrat A, Legret PJJ (1994) Standardization of propolis extract and identification of principal constituents. Journal de Pharmacie de Belgique 49: 462-468.

- Barkla B J, Vera-Estrella R, Balderas-Omar PE (2007) Mecanismos de tolerancia a la salinidad en plantas. *Biotecnología* 14: 263-272.
- Benzie IF, Strain JJ (1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239: 70-76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Cabrera R, Solis A, Cuervo W (2017) Tolerancia y manejo de salinidad, pH y alcalinidad en cultivos de flores. En: Flores RVJ (ed) Consideraciones sobre producción, manejo y poscosecha de flores de corte con énfasis en rosa y clavel. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. pp. 63-73.
- Cartmill AD, Valdez-Aguilar LA, Cartmill DL, Volder A, Alarcon A (2013) Arbuscular mycorrhizal colonization does not alleviate sodium chloride-salinity stress in vinca [*Catharanthus roseus* (L.) G. Don]. *Journal of Plant Nutrition* 36: 164-178. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.738275>
- Cassaniti C, Romano D, Flowers TJ (2012) The response of ornamental plants to saline irrigation water. In: Garcia-Garizabal M (ed) Irrigation-water management, pollution and alternative strategies IntechOpen, Rijeka, Croatia. pp. 131-158.
- Choi HS, Cai X, Gu M (2018) Effects of salinity and drought stress on photosynthesis, growth, and development of ornamental plants. In: Pessarakli M (ed) Handbook of photosynthesis. CRC Press. pp. 651-661. <https://doi.org/10.1201/9781315372136>
- Coskun D, White PJ (2023) Ion-uptake mechanisms of individual cells and roots: Short-distance transport. In: Marschner P (ed) Marschner's mineral nutrition of plants. Academic Press. pp. 11-71. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63043-9>
- Cramer GR, Läuchli A, Polito VS (1985) Displacement of Ca^{2+} by Na^+ from the plasmalemma of root cells: A primary response to salt stress? *Plant Physiology* 79: 207-211. <https://doi.org/10.1104/pp.79.1.207>
- Dai JL, Duan LS, Dong HZ (2014) Improved nutrient uptake enhances cotton growth and salinity tolerance in saline media. *Journal of Plant Nutrition* 37: 1269-1286. <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.881869>
- De la Rosa-Mera CJ, Ferrera-Cerrato R, Alarcón A, de Jesús Sánchez-Colín M, Muñoz-Muñiz OD (2011) Arbuscular mycorrhizal fungi and potassium bicarbonate enhance the foliar content of the vinblastine alkaloid in *Catharanthus roseus*. *Plant and Soil* 349: 367-376. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0883-y>
- Ding Y, Luo W, Xu G (2006) Characterisation of magnesium nutrition and interaction of magnesium and potassium in rice. *Annals of Applied Biology* 149: 111-123. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2006.00080.x>
- Dubey A, Tiwari D, Srivastava K, Prakash O, Kushwaha R (2020) A discussion on vinca plant. *Journal of Pharmacognosia and Phytochemistry* 9: 27-31.
- Ehsan N, Nawaz R, Ahmad S, Arshad M, Umar M, Mahmood R (2016) Use of ornamental plant 'Vinca' (*Vinca rosea* L.) for remediation of lead-contaminated soil. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 8: 46-54.
- Escalona A, Salas-Sanjuán MC, Dos Santos C, Guzmán M (2014) Efecto de aguas salinas sobre el crecimiento, concentración y relaciones de iones en *Zinnia elegans* y *Tagetes erecta* para su uso en jardinería urbana. *ITEA Información Técnica Económica Agraria* 110: 325-334. <https://dx.doi.org/10.12706/itea.2014.020>
- García-Caparrós P, Lao MT (2018) The effects of salt stress on ornamental plants and integrative cultivation practices. *Scientia Horticulturae* 240: 430-439. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.022>
- Guzman MR, Marques I (2023) Effect of varied salinity on marigold flowers: Reduced size and quantity despite enhanced antioxidant activity. *Agronomy* 13: 3076. <https://doi.org/10.3390/agronomy13123076>
- Hasanuzzaman M, Raihan MRH, Masud AAC, Rahman K, Nowroz F, Rahman M, Fujita M (2021) Regulation of reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under salinity. *International Journal of Molecular Sciences* 22: 9326. <https://doi.org/10.3390/ijms22179326>

- Idrees M, Naeem M, Aftab T, Khan MMA, Moinuddin F (2011) Salicylic acid mitigates salinity stress by improving antioxidant defence system and enhances vincristine and vinblastine alkaloids production in periwinkle [*Catharanthus roseus* (L.) G. Don]. *Acta Physiologiae Plantarum* 33: 987-999. <https://doi.org/10.1007/s11738-010-0631-6>
- Jan R, Asaf S, Numan M, Lubna, Kim KM (2021) Plant secondary metabolite biosynthesis and transcriptional regulation in response to biotic and abiotic stress conditions. *Agronomy* 11: 1-31. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050968>
- Kausar A, Gull M (2019) Influence of salinity stress on the uptake of magnesium, phosphorus, and yield of salt susceptible and tolerant sorghum cultivars (*Sorghum bicolor* L.). *Journal of Applied Biology and Biotechnology* 7: 53-58. <https://doi.org/10.7324/JABB.2019.70310>
- Khosh Kholgh Sima NA, Ahmad ST, Alitabar RA, Mottaghi A, Pessarakli M (2012) Interactive effects of salinity and phosphorus nutrition on physiological responses of two barley species. *Journal of Plant Nutrition* 35: 1411-1428. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.684132>
- Marković M, Šoštarić J, Kojić A, Popović B, Bubalo A, Bošnjak D, Stanislavljević A (2022) Zinnia (*Zinnia elegans* L.) and periwinkle (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don) responses to salinity stress. *Water* 14: 1066. <https://doi.org/10.3390/w14071066>
- Mata-Fernández I, Rodríguez-Gamiño ML, López-Blanco J, Vela-Correa G (2014) Dinámica de la salinidad en los suelos. *Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente* 1: 26-35.
- Negrão S, Schmöckel SM, Tester M (2017) Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. *Annals of Botany* 119: 1-11. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw191>
- Nejat N, Valdiani A, Cahill D, Tan YH, Maziah M, Abiri R (2015) Ornamental exterior versus therapeutic interior of Madagascar periwinkle (*Catharanthus roseus*): The two faces of a versatile herb. *Scientific World Journal* 2015: 1-19. <https://doi.org/10.1155/2015/982412>
- Nieves-Cordones M, Al Shibliwai FR, Sentenac H (2016) Roles and transport of sodium and potassium in plants. In: Sigel A, Sigel H, Sigel RKO (eds) *The alkali metal ions: Their role for life*. Springer International Publishing. pp. 291-324. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-21756-7>
- Orosco-Alcalá BE, Núñez-Palenius HG, Pérez-Moreno L, Valencia-Posadas M, Trejo-Téllez LI, Díaz-Serrano FR, Ruiz-Nieto JE, Abraham-Juárez MR (2018) Tolerancia a salinidad en plantas cultivadas: Una visión agronómica. *Agro Productividad* 11: 51-57. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.352950>
- Pérez K, Sandoval E (2014) Comportamiento fisiológico de plantas de rábano (*Raphanus sativus* L.) sometidas a estrés por salinidad. *Conexagro JDC* 4: 11-22.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26: 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventós RM (1999) Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology* 299: 152-178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Strzepek K, Boehlert B (2010) Competition for water for the food system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365: 2927-2940. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0152>
- Tang RJ, Luan S (2017) Regulation of calcium and magnesium homeostasis in plants: From transporters to signaling network. *Current Opinion in Plant Biology* 39: 97-105. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2017.06.009>
- Thakur M, Bhattacharya S, Khosla PK, Puri S (2019) Improving production of plant secondary metabolites through biotic and abiotic elicitation. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* 12: 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2018.11.004>

- Velasco-Muñoz JF, Aznar-Sánchez JA, Belmonte-Ureña LJ, Román-Sánchez IM (2018) Sustainable water use in agriculture: A review of worldwide research. *Sustainability* 10: 1084. <https://doi.org/10.3390/su10041084>
- Villarino GH, Mattson NS (2011) Assessing tolerance to sodium chloride salinity in fourteen floriculture species. *HortTechnology* 21: 539-545. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.21.5.539>
- Vrabec R, Drašar P, Opletal L, Kosturko Š, Blunden G, Cahliková L (2025) Alkaloids from the genus *Vinca* L. (Apocynaceae): A comprehensive biological and structural review. *Phytochemistry Reviews*. <https://doi.org/10.1007/s11101-025-10102-z>
- Whitam FF, Blaydes DF, Devlin RM (1971) Experiments in Plant Physiology. Van Nostrand Reinhold Company. New York, USA. 245p.
- Xie K, Cakmak I, Wang S, Zhang F, Guo S (2021) Synergistic and antagonistic interactions between potassium and magnesium in higher plants. *The Crop Journal* 9: 249-256. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.10.005>
- Xie W, Yang J, Gao S, Yao R, Wang X (2022) The effect and influence mechanism of soil salinity on phosphorus availability in coastal salt-affected soils. *Water* 14: 2804. <https://doi.org/10.3390/w14182804>
- Zaman M, Shahid SA, Heng L (2018) Irrigation water quality. In: Zaman M, Shahid SA, Heng L (eds) Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related techniques Springer International Publishing. pp. 113–131. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3_5