ISSN: 2306-8582
eISSN: 2313-2957
DOI: 10.18271/ria.2025.688

Efecto del estrés por NaCl en las características morfológicas y valores SPAD en cultivares de *Rubus* spp. *in vitro*

Effect of NaCl stress on morphological characteristics and SPAD values in *Rubus* spp. cultivars *in vitro*

Carlos Eduardo Millones Chanamé[1,*] y Ernestina Rosario Vásquez Castro[2]

Resumen

El estrés salino es uno de los principales problemas que restringe la producción de los cultivos, afectando el desempeño agronómico y la calidad del fruto, por lo que la presente investigación se realizó para identificar la tolerancia a la salinidad en cultivares de *Rubus* spp. en la etapa vegetativa bajo condiciones *in vitro*. Secciones nodales de tres cultivares fueron colocadas en medio de crecimiento y desarrollo suplementado con tres niveles de NaCl (0, 35 y 70 mM). Se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial (Factor A: tres cultivares y Factor B: dos niveles de NaCl y un control), con tres repeticiones. El cultivar 'Brazos' registró una adecuada respuesta en la altura de brote cuando fue sometido a estrés salino simulado con 70 mM de NaCl. Los cultivares 'Tupy' y 'Brazos' registraron tolerancia a 35 mM de NaCl en la variable número de hojas comparadas con el control. Los caracteres número de hojas y altura de brote permitieron identificar tolerancia al estrés salino en la etapa vegetativa de los cultivares de *Rubus* spp. bajo condiciones *in vitro*.

Palabras clave: Salinidad, crecimiento, tamizaje, segmento nodal, cultivo *in vitro*.

Abstract

Salt stress is one of the main problems that restricts crop production, affecting agronomic performance and fruit quality. Therefore, this research was conducted to identify salinity tolerance in *Rubus* spp. cultivars at the vegetative stage under *in vitro* conditions. Nodal segments of the three cultivars were placed in growth and development media supplemented with three levels of NaCl (0, 35 and 70 mM). A completely randomized design with a factorial arrangement was used (Factor A: three cultivars and Factor B: two levels of NaCl and control), with three replications. The cultivar 'Brazos' registered an adequate response in shoot height when subjected to simulated saline stress with 70 mM NaCl. The cultivars 'Tupy' and 'Brazos' registered tolerance to 35 mM NaCl in the variable number of leaves compared to the control. The traits number of leaves and shoot height allowed to identify tolerance to saline stress in the vegetative stage of *Rubus* spp. cultivars under *in vitro* conditions.

Keywords: Salinity, growth, screening, nodal segment, *in vitro* culture.

Recibido: 15/12/2025

Aceptado: 10/07/2025

Publicado: 17/07/2025

Sección: Artículo Breve

***Autor correspondiente**: carlos.millones@untrm.edu.pe

Introducción

El género *Rubus* comprende una extensa diversidad genética, abarcando un considerable número de especies silvestres, en comparación con los cultivares comerciales destinados para fruto fresco (Wu et al., 2009). Actualmente los cultivares de *Rubus* han incrementado las áreas de siembra por la alta demanda de su fruto, el cual posee compuestos bioactivos para la producción de alimentos funcionales con impacto en la salud humana para la prevención de enfermedades (Skrovankova et al., 2015).

El estrés hídrico y salino son los principales problemas que restringen la producción de los cultivos. En particular el estrés salino es el factor limitante más serio que disminuye la productividad en la agricultura y afecta grandes áreas cultivables en el mundo (Yamaguchi y Blunwald, 2005; Marček et al., 2015; Saidimoradi et al., 2019; Yang et al., 2021). En los berries de importancia económica de la familia Rosaceae al igual que el resto de las especies cultivables son también sensibles al estrés ambiental como la sequía y la salinidad. Estos factores afectan el desempeño agronómico a nivel mundial, influyendo en las características anatómicas y fisiológicas de la planta a través de cambios inducidos en las vías y mecanismos moleculares (Ghaderi et al., 2018). Las plantas sometidas a estrés abiótico pueden ser afectadas en su crecimiento y desarrollo, principalmente la expansión de las hojas, movimiento de estomas,

[1] Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Facultad de Educación y Ciencias de la Comunicación, Chachapoyas, Perú.

Como citar: Millones Chanamé, C. E., & Vásquez Castro, E. R. (2025). Efecto del estrés por NaCl en las características morfológicas y valores SPAD en cultivares de *Rubus* spp. *in vitro*. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research, 27*, e27688. https://doi.org/10.18271/ria.2025.688

Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) Share - Adapt

eventos que disminuyen la tasa de fotosíntesis por la disminución del potencial hídrico del suelo (Mozafari et al., 2019). Por otra parte, las plantas experimentan estrés osmótico e iónico bajo alta salinidad. El estrés osmótico es debido a las sales acumuladas en el exterior de las raíces, restringiendo la absorción de agua, elongación de las células, crecimiento y desarrollo de los órganos aéreos; en tanto, el estrés iónico está dado por la toxicidad de iones de Na^+ lo cual ocasiona la senescencia de las hojas inhibiendo la fotosíntesis, la síntesis de proteínas y la actividad enzimática (Horie et al., 2012). Las plantas han desarrollado diferentes mecanismos celulares que reducen los efectos al estrés abiótico, y pueden cuantificarse a través del impacto en diferentes características como la tasa de crecimiento relativo, relaciones hídricas, transpiración, la eficiencia del uso de la transpiración, relaciones iónicas, fotosíntesis, senescencia, rendimiento y componentes del rendimiento (Negrão et al., 2017). Por tanto, el aumento de la productividad de los cultivos depende en gran medida del desarrollo de variedades, cultivares, híbridos, entre otros tolerantes al estrés abiótico, requiriendo procedimientos eficaces para evaluar e identificar cultivares superiores (Mohan y Shashidharan, 2018). Bajo condiciones de invernadero plantas de *Rubus* sp. sin espinas mostraron baja tolerancia a la salinidad simulada con NaCl, mostrando crecimiento limitado de la parte aérea, reducida producción de materia seca y escasa tasa de evapotranspiración (Casierra-Posada y Hernández, 2006). En el cultivar Tupy (*Rubus* spp.) conducido en macetas de 19 L las plantas disminuyen el crecimiento y rendimiento de fruto empleando conductividades eléctricas por encima de 2.4 dS m^{-1}, en particular, las altas conductividades eléctricas afectaron la calidad de fruto, peso, tamaño, índice de redondez y la relación SST/AT (González-Jiménez et al., 2020).

Nuevas técnicas deben ser desarrolladas para identificar genotipos tolerantes a la salinidad. La selección y el mejoramiento de genotipos deseables requiere de métodos de tamizaje adecuados (Bezírğanoğlu, 2017). El cultivo *in vitro* es un método útil y rápido en la identificación del estrés salino en explantes, porque proporciona un medio controlado y estable para identificar respuestas fisiológicas y vías bioquímicas en plantas, especialmente a nivel molecular bajo diferentes niveles de concentración de sales (Mohan y Shashidharan, 2018). El estrés salino simulado con NaCl bajo condiciones *in vitro* ha sido realizado en embriones cigóticos de *Arachis hypogaea* (Mohan y Shashidharan, 2018); plántulas germinadas de trigo (*Triticum aestivum*) (El Sabagh et al., 2021); plántulas germinadas de triticale (x *Triticosecale* Wittmack) (Bezírğanoğlu, 2017); segmentos nodales de fresa (*Fragaria* x *ananassa*) cv. 'Queen Elisa' (Mozafari et al., 2019); brotes apicales de frambuesa (*Rubus idaeus*) (Neocleous y Vasilakakis, 2008); plántulas de *Rubus fruticosus* (Marček et al., 2015). En cultivares de zarzamora se ha evaluado el estrés salino simulado con NaCl en invernadero en el cultivar Tupy (González-Jiménez et al., 2020) y mora de castilla (Cardona et al., 2017). Sin embargo, existe una escasa información de protocolos que permita la identificación temprana *in vitro* de cultivares de zarzamora *Rubus* spp. tolerantes al estrés salino simulado con NaCl. Los protocolos establecidos refieren tolerancia al estrés salino en *Rubus idaeus*, por tanto, es necesario realizar tamizaje que permita identificar estrés por NaCl en la zarzamora. El presente trabajo tuvo como objetivo identificar la tolerancia a la salinidad por NaCl en cultivares de *Rubus* spp. en la etapa vegetativa bajo condiciones *in vitro*.

Materiales y métodos

Material vegetal

El material vegetativo estuvo constituido por plántulas de los cultivares de zarzamora *Rubus* spp. 'Brazos', 'Navajo', 'Tupy' *in vitro* en el Laboratorio de Biología, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú en el año 2019.

Multiplicación de secciones vegetativas

La multiplicación de las secciones vegetativas de cultivares de *Rubus* spp. *in vitro* se obtuvieron a partir de esquejes donadores de secciones nodales con una yema axilar y colocados en medios de cultivo de crecimiento y desarrollo preparado con las sales basales y vitaminas MS (Murashige y Skoog, 1962), mio-inositol 100 mg/L, sacarosa 30 g/L, buffer fosfato 18 mL/L, ácido ascórbico 150 mg/L y phytagel 1.5 g/L (Millones y Vásquez, 2020). A los 90 días de cultivo *in vitro* se obtuvieron esquejes de aproximadamente cinco cm de altura, que fueron empleados para la obtención de las secciones nodales que fueron colocadas en medios de cultivo a diferentes condiciones de estrés salino simuladas con NaCl.

Tratamiento de estrés salino

Para evaluar el crecimiento y desarrollo de las secciones nodales en los cultivares de *Rubus* spp. bajo condiciones de salinidad se empleó la misma composición del medio de crecimiento y desarrollo, pero en este caso adicionando dos dosis de NaCl (35 y 70 mM) más un control (0 mM) y cultivadas *in vitro* por 42 días. Todas las plántulas fueron incubadas a 24 ± 2 ºC, irradiancia 60 µmol $m^{-2}s^{-1}$, fotoperiodo 16/8 horas (luz/oscuridad) empleando lámparas fluorescentes 36 W tipo luz fría.

Parámetros de crecimiento

Los parámetros de crecimiento fueron registrados para cada explante en el vaso de magenta. La altura de brote y longitud de raíz fueron medidas con regla milimetrada. El número de hojas fue registrado por conteo visual de aquellas hojas que mostraron color verde, descartando aquellas hojas cloróticas y pardo amarillentas. El área foliar fue determinada a partir de las primeras hojas del tercio superior completamente expandidas, las cuales fueron fotografiadas empleando una cámara digital (18 megapixel de resolución), y las fotos fueron procesadas empleando el software ImageJ.

Medición del valor SPAD

La medición del valor SPAD fue determinado a partir de las primeras hojas del tercio superior completamente expandidas, empleando un medidor de clorofila MINOLTA SPAD 502 Plus.

Análisis estadístico

La evaluación de los niveles de NaCl simulando estrés salino en los cultivares de *Rubus* spp. sobre la respuesta morfológica y valores SPAD de las plántulas desarrolladas *in vitro* se empleó un diseño completamente al azar en arreglo factorial (Factor A: tres cultivares de *Rubus* spp., Factor B: dos niveles de estrés salino más un control) con tres repeticiones (tres secciones nodales por repetición). La significancia entre las medias fue calculada con la prueba Tukey a $P \leq 0.05$. El ANOVA de dos bifactorial fue empleado para evaluar los efectos combinados de los factores. El MANOVA bifactorial factores fue realizado en las variables morfológicas y fisiológicas. Los niveles de significancia fueron analizadas a $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$, respectivamente. La relación entre las variables respuesta morfo-fisiológicas fueron explorados mediante el análisis de los componentes principales. Los componentes principales fueron representados en el Biplot a partir de los primeros componentes principales (PC1 y PC2). Se realizaron los análisis de los datos empleando el software R versión 4.3.2.

Resultados

El MANOVA bifactorial correspondiente a las variables morfológicas y valores SPAD en el crecimiento y desarrollo de plántulas de los cultivares de *Rubus* sp. bajo estrés salino muestran que los parámetros individuales Cultivar y NaCl fueron significativos ($P \leq 0.01$, $P \leq 0.05$). La interacción Cultivar x NaCl fue no significativo (Tabla 1).

Tabla 1. MANOVA bifactorial de los efectos de los cultivares, niveles de NaCl y sus efectos combinados sobre las variables morfológicas y valores SPAD en el crecimiento y desarrollo de plántulas de los cultivares de *Rubus* spp.

Parámetro	Wilk's Lambda	F	*P* (>*F*)
Cultivar	0,19	4,95	0,00057
NaCl	0,17	5,29	0,00035
Cultivar x NaCl	0,38	1,09	0,39122

Las plántulas de los cultivares de Rubu*s spp.* mostraron respuestas diferentes en los caracteres morfológicos y valores SPAD sometidos a diferentes niveles de NaCl en el medio de cultivo de crecimiento y desarrollo. La altura de brote de los cultivares 'Tupy' y 'Brazos' cultivados con 35 mM de NaCl en el medio de cultivo no mostraron diferencias significativas con el control, en tanto, el cultivar 'Brazos' mostró una tolerancia a la salinidad cuando fue colocado en medio de cultivo con 70 mM de NaCl, no reveló diferencias significativas con el control (Figura 1a). El número de hojas fue una variable punto crítico morfológica relacionada con el crecimiento y desarrollo de las plántulas de los cultivares de Rubu*s spp.*, así tenemos, que los cultivares 'Tupy' y 'Brazos' cuando fueron cultivados en medios de cultivo con 35 mM de NaCl exhibieron tolerancia a la salinidad registrando similar número de hojas sin síntomas de clorosis y necrosadas al ser comparadas con el control, en tanto, las plántulas de los tres cultivares colocados en 70 mM de NaCl registraron menor número de hojas verdes al ser comparadas con el control (Figura 1b). El área foliar no registró diferencias significativas entre los cultivares en estudio sometidos a 35 y 70 mM de NaCl y comparados con el control (Figura 1c). Los valores SPAD al igual que el número de hojas fueron afectados cuando las plántulas se colocaron en medios de cultivo con 70 mM de NaCl en comparación con el control, en tanto, a niveles de 35 mM de NaCl el cultivar 'Navajo' mostró diferencias significativas comparado con el control. En tanto, los cultivares 'Tupy' y 'Brazos' no mostraron diferencias significativas con el control (Figura 1d).

Respuestas morfológicas y valores SPAD en plántulas de los cultivares de *Rubus* spp. cultivados en medios de cultivo con NaCl fueron analizados empleando los componentes principales (PC), las PC1 y PC2 explican el 98.9% de la varianza de los datos (Figura 2). Las puntaciones negativas de la PC1 (representa el 95.8% de la varianza total) en las cuales los cultivares 'Tupy' y 'Brazos' registraron mayor número de hojas en comparación con el cultivar 'Navajo' (en las puntuaciones positivas de la PC1), indicando que

estos cultivares mostraron mecanismos para disminuir el estrés oxidativo en las hojas por efecto de la salinidad que permitió tolerar la salinidad en el medio de cultivo simulado con NaCl.

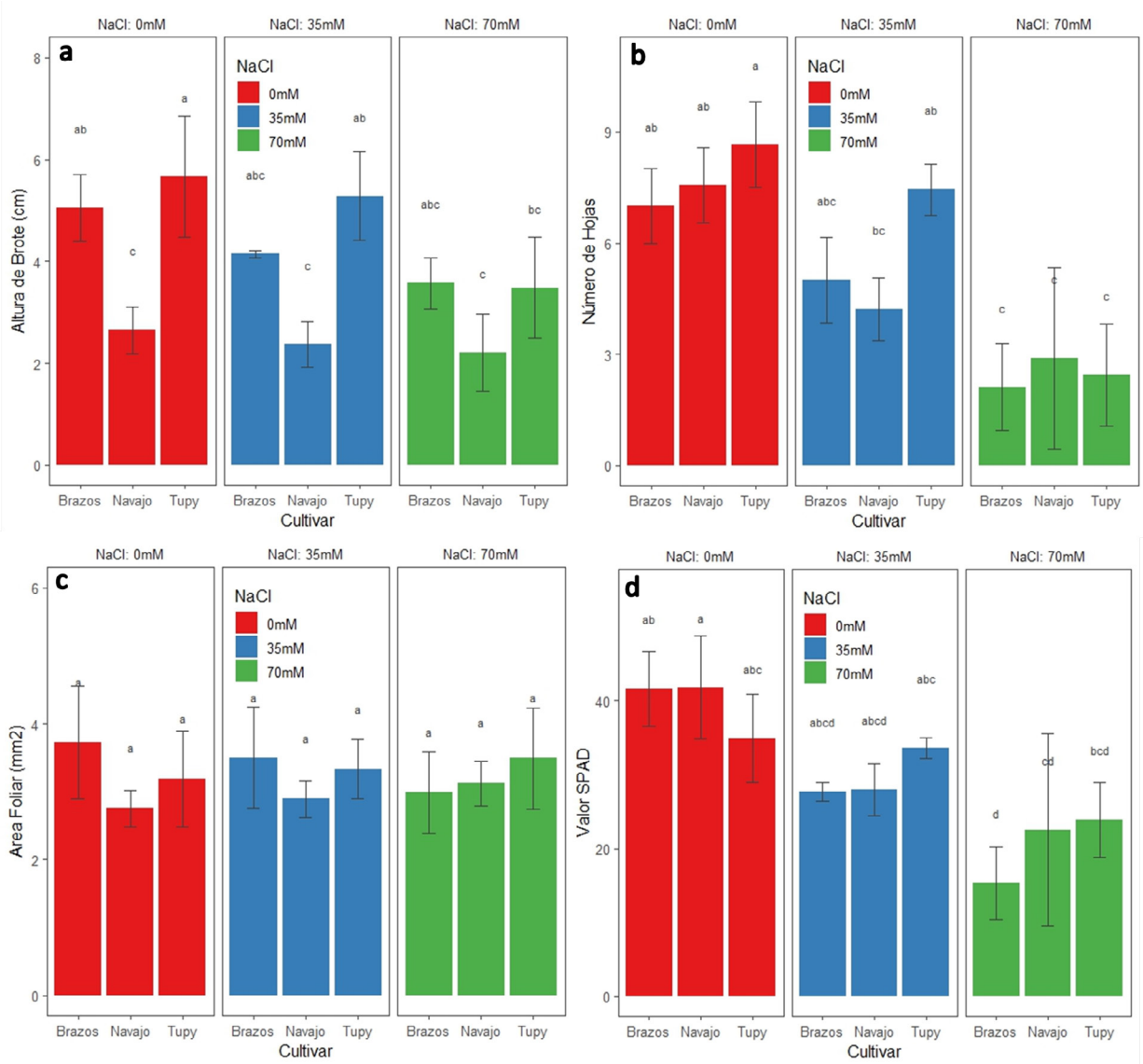

Figura 1. Respuesta morfológica y valores SPAD en cultivares de Rubu*s spp.* sometidas a dos niveles de NaCl para simular estrés salino y un control. a) altura de brote, b) número de hojas, c) área foliar, d) valor SPAD. Datos presentados con medias ± desviación standard, diferentes letras indican diferencias significativas en los parámetros para un $P \leq 0.05$ de acuerdo con la prueba Tukey.

Discusión

Las técnicas de cultivo *in vitro* en el género *Rubus* vienen siendo utilizadas para evaluar la tolerancia a estrés hídrico y salinidad (Marček et al., 2015; Millones y Vásquez, 2022). La presente investigación involucró la evaluación en la respuesta morfológica y fisiológica bajo condiciones de estrés salino, al igual que otros tipos de estrés abiótico inhiben el crecimiento de las plantas (Mohan y Shashidharan, 2018). Referente a la altura de brote el cultivar 'Brazos' mostró tolerancia al estrés salino cuando fueron cultivados en medios de cultivo con 70 mM de NaCl, esta respuesta es importante porque las plántulas desarrollan mecanismos para mantener la disponibilidad de agua, no ocasionando la limitación en la reducción del volumen de las células permitiendo su expansión y registrar una altura de brote similar al control (Figura 1a).

Las medidas de los valores SPAD se utilizan ampliamente para evaluar el contenido absoluto de clorofila por área foliar (Brindha et al., 2019). Karimi y Sadeghi-Seresht (2018) indican que la estabilidad de la clorofila es un índice que permite identificar la tolerancia de las plantas al estrés salino, y la disminución de los valores SPAD puede deberse a la degradación de la clorofila por los radicales libres producidos bajo condiciones de salinidad. En el presente estudio fue

identificado que los valores SPAD descendieron en todos los cultivares cuando fueron cultivadas en medios de cultivo con 70 mM de NaCl. En tanto, cuando las plántulas fueron desarrolladas a nivel de 35 mM de NaCl los cultivares 'Tupy' y 'Brazos' registraron similares valores SPAD comparados con el control (Figura 1d), por tanto, es necesario evaluar niveles superiores de 35 mM de NaCl para identificar el grado de tolerancia a la salinidad de los cultivares en estudio.

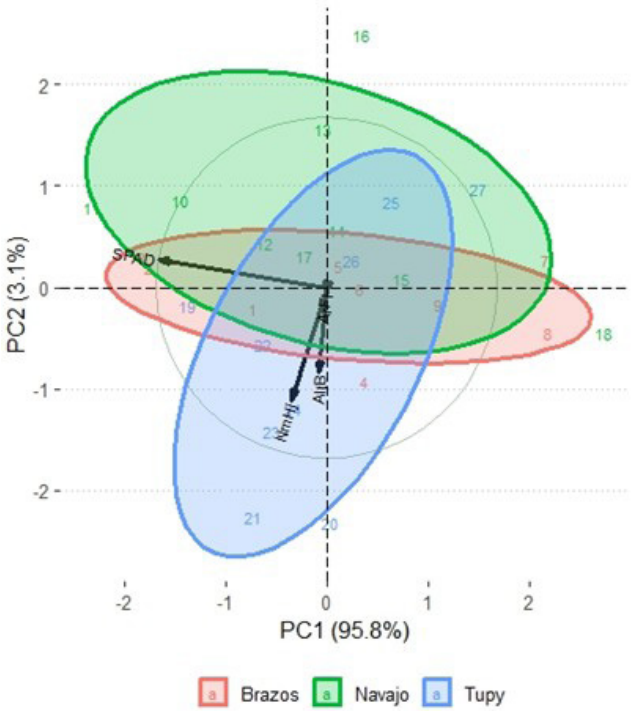

Figura 2. Componentes principales de las respuestas morfológicas y fisiológicas de plántulas de los cultivares de *Rubus* spp. sometidas a dos niveles de NaCl. SPAD (valor SPAD), NmHj (número de hojas), AltB (altura de brote), ArFl (área foliar).

Las plantas desarrolladas en ambientes salinos acumulan Na^+, y el síntoma más visible es el amarillamiento, seguido de amarronamiento, senescencia y muerte. Este efecto es más visible en las hojas viejas que han acumulado por largo tiempo el Na^+ y sufren los efectos de esa acumulación (Negrão et al., 2017). Existen reportes que la salinidad puede ocasionar necrosis foliar y acelerar la senescencia de las hojas, traduciéndose en la disminución del crecimiento de la planta y su capacidad fotosintética (Garriga et al., 2015; Ghaderi et al., 2018). En el presente trabajo el número de hojas que mantuvieron el color verde fue una variable que identificó la sensibilidad de los cultivares de *Rubus* spp. al estrés salino, es así, que las plántulas colocadas en medios de cultivo con 35 mM de NaCl, los cultivares 'Tupy' y 'Brazos' registraron tolerancia al estrés salino en comparación con el control, el cultivar 'Navajo' mostró alta sensibilidad a este nivel de NaCl (Figura 1b). Al respecto, en especies de berries de importancia de la familia Rosaceae, los cultivares de fresa 'Kurdistan' y 'Queen Elisa' a 40 mM, 'Camarosa' a 30mM el número de hojas fue inferior al control (Garriga et al., 2015; Ghaderi et al., 2018), mostrando alta sensibilidad al estrés salino.

El estudio de la tolerancia a la salinidad es importante en el tamizaje de genotipos que permitan identificar caracteres que contribuyan a mejorar la respuesta a este tipo de estrés ambiental y permita emplearlos estratégicamente en la obtención de cultivares con diferentes genes que sumen a la tolerancia al estrés salino (Negrão et al., 2017). La selección *in vitro* de cultivares de *Rubus* spp. en medios de cultivo de crecimiento y desarrollo que contienen NaCl permitió identificar que las variables número de hojas y altura de brotes en los cultivares 'Tupy' y 'Brazos', indicó la mayor tolerancia a la salinidad, cuya metodología desarrollada puede convertirse en una herramienta importante en el tamizaje de genotipos de *Rubus* spp. para tolerancia al estrés salino.

Conclusiones

Los resultados revelaron que el nivel de salinidad de 70 mM simulado con NaCl no afectó la altura de brote el cultivar 'Brazos', mientras que las variables número de hojas y valores SPAD fueron afectados en todos los cultivares.

El nivel de salinidad 35 mM no afectó el número de hojas en los cultivares 'Tupy' y 'Brazos'.

Las variables número de hojas y altura de brote permitieron identificar tolerancia al estrés salino simulado con NaCl en los cultivares 'Tupy' y 'Brazos' en la etapa vegetativa bajo condiciones *in vitro*.

Contribución de autores

Conceptualización, C.M. y E.V.; metodología C.M. y E.V.; supervisión, C.M.; análisis de los datos, C.M.; validación, C.M. y E.V.; Redacción, C.M. y E.V.; revisión y edición, C.M.

Referencia

Bezírğanoğlu, İ. 2017. Response of five triticale genotypes to salt stress in *in vitro* culture. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 41: 372-380.

Brindha, C., Vasanth, S. y R. Arunkumar. 2019. The response of sugarcane genotypes subjected to

salinity stress at different growth phases. Journal of Plant Stress Physiology 5: 28-33.

Cardona, W.A., Gutiérrez, J.S., Monsalve, O.I. y C.R. Bonilla. 2017. Efecto de la salinidad sobre el crecimiento vegetativo de plantas de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) micorrizadas y sin micorrizar. Rev. Colomb. Cienc. Hortic. 11(2): 253-266.

Casierra-Posada, F. y Hernández, H.L. (2006). Evapotranspiración y distribución de materia seca en plantas de mora (*Rubus* sp.) bajo stress salino. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, *9*(1), 85-95.

El Sabagh, A., Islam, M. S., Skalicky, M., Ali Raza, M., Singh, K., Anwar Hossain, M., ... y A. Arshad. 2021. Salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) in the changing climate: Adaptation and management strategies. Frontiers in Agronomy 3: 661932.

Garriga, M., Muñoz, C.A., Caligari, P.D.S. y J.B. Retamales. 2015. Effect of salt stress on genotypes of commercial (*Fragaria* x *ananassa*) and Chilean strawberry (*F. chiloensis*). Scientia Horticulturae 195: 37-47.

Ghaderi, N., Hatami, M.R., Mozafari, A. y A. Siosehmardeh. 2018. Change in antioxidant enzymes activity and some morpho-physiological characteristics of strawberry under long-term salt stress. Physiol Mol Biol Plants 24(5): 833-843.

González-Jiménez, S.L., Castillo-González, A.M., García-Mateos, M.R., Valdez-Aguilar, L.A. Ybarra-Moncada, C. y E. Avitia-García. 2020. Respuesta de zarzamora (*Rubus* spp.) cv. Tupy a la salinidad. Rev. Fitotec. Mex. 43(3): 299-306.

Horie, T., Karahara, I. & Katsuhara, M. (2012). Salinity tolerance mechanisms in glycophytes: An overview with the central focus on rice plants. *Rice*, 5:11.

Karimi, H.R. y E. Sadeghi-Seresht. 2018. Effects of salinity stress on growth indices, physiological parameters, and element concentration in Banebaghi (*Pistacia* sp.) as rootstock for pistachio. Journal of Plant Nutrition 41(9): 1094-1103.

Marček, T., Velić, D., Sabo, M., Dugalić, K., Velić, N., Pranjić, A., Klarić, D.A. y I. Klarić. 2015. Salinity effects on blackberry plants (*Rubus fruticosus* L.) grown *in vitro*. In 8th International Scientific/ Professional Conference, Agriculture in Nature and Environment Protection, Vukovar, Croatia, 1-3 June 2015 (pp. 298-302). Croatian Soil Tillage Research Organization (CROSTRO).

Millones, C.E. y E.R. Vásquez. 2020. Regeneración y enraizamiento de brotes adventicios etiolados de cultivares de zarzamora (*Rubus* sp.). Revista de Investigaciones Altoandinas 22(4): 330-342.

Millones, C. y E. Vásquez. 2022. Tolerancia *in vitro* de cultivares de *Rubus* spp. a estrés hídrico simulado con manitol. Agronomía Mesoamericana 33(1): 46442.

Mohan, D. y A. Shashidharam. 2018. An *in vitro* system for studying the effect of salt stress in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Current Biotechnology 7: 464-471.

Mozafari, A., Ghaderi, N., Havas, F. y S. Dedejani. 2019. Comparative investigation of structural relationships among morpho-physiological and biochemical properties of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) under drought and salinity stresses: A study based on *in vitro* culture. Scientia Horticulturae 256: 108601.

Murashige, T. y F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid grown and bioassay with tobacco tissue culture. Physiologia plantarum 15(3): 473 – 497.

Negrão, S., Schmöckel y M. Tester. 2017. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. Annals of Botany 119:1-11.

Neocleous, D. y M. Vasilakakis. 2008. Effects of boron and salinity on red raspberry *in vitro*. International Journal of Fruit Science 8(3): 216-225.

Saidimoradi, D., Ghaderi, N. y T. Javadi. 2019. Salinity stress mitigation by humic acid application in strawberry (*Fragaria* x *ananassa* Duch.). Scientia Horticulturae 256: 108594.

Skrovankova, S., Sumczynski, D., Mlcek, J., Jurikova, T. y J. Sochor. 2015. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of Berries. International Journal of Molecules Sciences 16(10): 24673-24706.

Wu, J., Miller, S.A., Hall, H.K. y P.A. Mooney. 2009. Factors affecting the efficiency of micropropagation

from lateral buds and shoot tips of *Rubus*. Plant Cell Tissue and Organ Culture 99 (1): 17-25.

Yamaguchi, T. y E. Blumwald. 2005. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. Trends in Plant Science 10(12): 615-620.

Yang, G., Chen, Y., Yu, H., Zhang, H., Hang, D., Guo, X., Yan, E., Quan, H., & Li, T. (2021). Raspberry (*Rubus idaeus* L.) *NCED1* gene enhances high salinity and cold tolerance in *Arabidopsis*. *In vitro* Cellular & Developmental Biology – Plant, 57, 811-819.