



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Efecto del estrés salino sobre el crecimiento de plántulas de maíz variedad "Tayuyo" en condiciones *in vitro*

Effect of saline stress on the growth of "Tayuyo" maize seedlings under *in vitro* conditions

Carlos Alberto Sangoquiza Caiza^{1,2} , Yosvel Viera Tamayo² , Carlos Fernando Yáñez Guzmán³ , José Luis Zambrano Mendoza³ 

¹ Especialidad Ingeniería Agronómica, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Latacunga, Ecuador, CP 050101

² Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Granma, Carretera a Manzanillo, km 17 ½, Bayamo, Granma, Cuba, CP 85100

³ Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP- Programa de Maíz, Sector Cutuglagua, km 1 ½, Mejía, Pichincha, Ecuador, CP 17053

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 08/03/2019
Aceptado: 18/03/2021

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no existir conflictos de intereses.

CORRESPONDENCIA

Carlos Alberto Sangoquiza Caiza
ci2801@hotmail.com



RESUMEN

El maíz es uno de los cereales de mayor importancia económica en el mundo, ocupando el segundo lugar después del trigo. Entre la gran diversidad de variedades de *Zea mays* L. que se cultivan en Cuba, se encuentra la variedad "Tayuyo". En la actualidad no existen estudios que evalúen el efecto de la salinidad de dicha variedad. Por ello el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del estrés salino sobre el crecimiento de plántulas de maíz variedad "Tayuyo" en condiciones *in vitro*. La misma que se llevó a cabo en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales perteneciente al Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal (CEBVEG) de la Facultad de Ciencias Agrícolas (FCA) de la Universidad de Granma (UDG), Cuba. En el cual se evaluó *in vitro* el rango de tolerancia a la salinidad de plantas de maíz utilizando un medio de cultivo basal (agar al 6 % y agua destilada) con diferentes niveles de conductividad eléctrica (0, 2, 4, 6 y 8 dS m⁻¹) ajustada con el reactivo de NaCl. Para esta investigación se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres réplicas donde evaluaron; porcentaje de germinación, número de raíces, longitud de la raíz primaria, altura de planta, número de hojas por planta, peso materia fresca y se calculó el índice de

tolerancia a la salinidad. Los resultados revelaron que las plantas evaluadas son tolerantes a la salinidad hasta 2 dS m^{-1} . En general el incremento de los niveles de salinidad causó un retardo de la germinación, pero no en el porcentaje de germinación a los ocho días después de la siembra. Por otro lado, el resto de las variables mostraron una tendencia a la disminución con el incremento de los niveles de salinidad.

Palabras claves: *Zea mays*, salinidad, conductividad eléctrica

ABSTRACT

Corn is one of the most economically important cereals in the world, ranking second after wheat. Among the great diversity of varieties of *Zea mays* L. that are cultivated in Cuba, is the "Tayuyo" variety. Currently, there are no studies that evaluate the effect of the salinity of this variety. Therefore, the objective of the present work was to evaluate the effect of saline stress on the growth of seedlings of maize variety "Tayuyo" under *in vitro* conditions. It was carried out at the Plant Tissue Cultivation Laboratory belonging to the Center for Plant Biotechnology Studies (CEBVEG) of the Faculty of Agricultural Sciences (FCA) of the University of Granma (UDG), Cuba. In which the range of tolerance to salinity of corn plants was evaluated *in vitro* using a basal culture medium (6 % agar and distilled water) with different levels of electrical conductivity ($0, 2, 4, 6$ and 8 dS m^{-1}) adjusted with the NaCl reagent. For this research, an experimental design of random blocks was used with three replications where they evaluated; germination percentage, number of roots, length of the primary root, plant height, number of leaves per plant, weight of fresh matter and the index of tolerance to salinity was calculated. The results revealed that the evaluated plants are tolerant to salinity up to 2 dS m^{-1} . In general, the increase in salinity levels caused a delay in germination but not in the germination percentage at eight days after sowing. On the other hand, the rest of the variables showed a downward trend with increasing salinity levels.

Keyword: *Zea mays*, salinity, electric conductivity

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales de mayor importancia económica en el mundo, ocupando el segundo lugar después del trigo. Este cereal constituye el alimento básico del 15 al 20 % de la humanidad y se cultiva en más de 70 países, cubriendo un área superior a los 120 millones de hectáreas. Además, es el cultivo con mayor distribución en todo el mundo pues, aunque su zona fundamental es el continente americano, se cultiva en los cinco continentes (FAO, 2015).

La salinidad es uno de los principales problemas en los ecosistemas agrícolas porque cerca del 50 % del planeta está afectado por esta problemática (Gómez-Padilla, 2017). Se estima que existen más de 800 millones de hectáreas a nivel mundial afectadas por salinidad (FAO, 2015). En Cuba, según datos de la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI, 2013), el 14,9 % de la superficie agrícola y el 9,1

% de la superficie del país se encuentran afectados por sales.

En el suroeste cubano, específicamente en la provincia de Granma, alrededor de 228 mil hectáreas de suelos agrícolas se encuentran afectadas por la salinidad por lo cual, los rendimientos de cultivos como el maíz han sido afectados, lo que ha provocado el abandono de algunas áreas de cultivos (González *et al.*, 2002).

En Cuba las producciones de maíz no se consideran estables, pero existen provincias que tradicionalmente han cultivado el grano y se han destacado sus producciones, dedicándose en estas provincias más de 12 mil hectáreas anuales para la siembra del cultivo como promedio histórico (González *et al.*, 2002). Entre la gran diversidad de variedades que se cultivan de este cultivo en Cuba se encuentra la variedad "Tayuyo", pero no existen estudios que evalúen la tolerancia a la salinidad de dicha variedad. Por ello, el objetivo del presente

trabajo fue evaluar el rango de tolerancia a la salinidad de la variedad "Tayuyo".

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal de la Universidad de Granma, Cuba, para evaluar *in vitro* el efecto del estrés salino sobre plántulas de maíz variedad "Tayuyo". En la investigación se utilizó un medio de cultivo basal (Agar al 6 % y agua destilada), el estrés por salinidad se indujo utilizando concentraciones crecientes de cloruro de sodio (NaCl), para establecer diferentes niveles de conductividad eléctrica (CE) (2, 4, 6 y 8 dS m⁻¹) estas fueron ajustadas con el reactivo NaCl con la ayuda de un conductímetro.

El diseño experimental fue bloques al azar con tres réplicas por cada concentración de NaCl, las unidades experimentales, tubos de ensayo (20 x 2 cm) en los cuales se distribuyó el medio de cultivo (5 mL de Agar en cada uno de ellos). Para la siembra se utilizaron semillas certificadas de maíz variedad "Tayuyo", las mismas fueron desinfectadas previamente sumergiéndolas en alcohol al 96 % durante un minuto y después de desechar el alcohol, se añadió una solución de hipoclorito de sodio durante un minuto. Posteriormente se realizaron lavados con agua destilada estéril. Para la siembra se colocó una semilla por tubo y una vez realizada la misma, los tubos fueron colocados en una cámara de cultivo (invernadero) con fotoperiodo natural, a temperatura promedio de 20 ± 2 °C y 85 % de humedad. Como medida del crecimiento vegetal se evaluaron durante 8 días, las siguientes variables:

- **Porcentaje de germinación:** Se consideraron semillas germinadas aquellas que experimentaron ruptura de la testa, profusión de la radícula y emergencia del hipocótilo. Para el cálculo de los porcentajes de germinación en cada bloque se empleó la ecuación (1):

$$\%G = \frac{NSGTx}{NSGTO} * 100 \quad (1)$$

Dónde:

%G: Porcentaje de germinación

NSGTx: Número de semillas germinadas en el tratamiento correspondiente

NSGTO: Número de semillas germinadas en el tratamiento control (T0)

100: Factor matemático

- **Longitud de la raíz:** La longitud de la raíz se midió en centímetros desde la base de emergencia hasta el ápice radical con una regla milimetrada.

- **Altura de planta:** La altura de las plantas se midió en centímetros desde la base de emergencia en la semilla hasta el extremo de la hoja más larga con una regla milimetrada.

- **Número de hojas por planta:** Se determinó mediante un conteo visual directo.

- **Porcentaje de peso húmedo de plantas:** El peso de la materia fresca se expresó en gramos. El mismo fue tomado al último día de evaluación (8 días). Para esto se extrajeron las plantas de los tubos de cultivo y tomó el peso mediante una balanza analítica.

- **Índice de tolerancia a la salinidad:** Esta variable se definió como el promedio de todas las variables morfológicas evaluadas.

Análisis estadístico

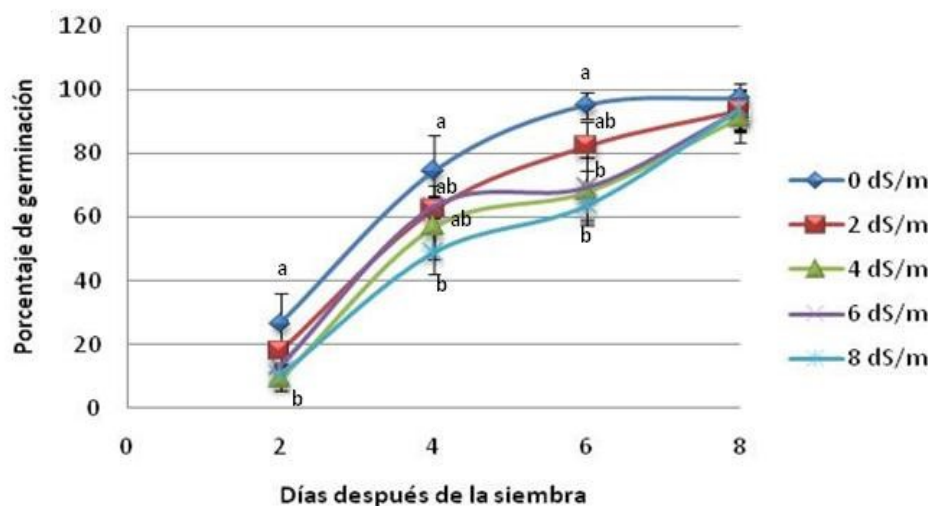
Los datos obtenidos fueron procesados en el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus Versión 5.1 sobre *Windows*. Se comprobaron la normalidad de los datos (prueba de Kolmogorov-Smirnov) y ejecutaron análisis de varianza y test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la salinidad sobre la germinación de semillas de maíz variedad "Tayuyo"

La salinidad generalmente reduce la germinación, dos procesos regulan esta reducción: los efectos osmóticos debidos a una disminución del potencial de solutos del suelo, creando un estrés hídrico para la planta; y los efectos iónicos debidos a la absorción y acumulación de iones por la semilla o las plántulas. Los análisis de varianza para el porcentaje de germinación de semillas a los 2, 4, 6 y 8 días después de la siembra se muestran en la Figura 1.

Como se puede observar, el porcentaje de semillas germinadas en presencia de NaCl, es menor que cuando no se ha adicionado esta sal. Igualmente, no se encontraron diferencias



Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) DS

Figura 1. Efecto *in vitro* del estrés salino sobre la germinación de semillas de “Tayuyo”

estadísticamente significativas entre el control y el tratamiento de 2 dS m^{-1} en ninguno de los días de evaluación. Estos resultados sugieren que a conductividades eléctricas menores de 2 dS m^{-1} no se afecta la germinación de las semillas de “Tayuyo”. Por otro lado, a los 4 y 6 dS m^{-1} se encontraron diferencias estadísticamente significativas respecto al control solamente en el sexto día después de la siembra. No obstante, el porcentaje de germinación a 8 dS m^{-1} se afectó significativamente durante los primeros 6 días, resultado que indica como un alto contenido de sales en el suelo, especialmente cloruro de sodio, puede inhibir la germinación.

Estudios realizados por Capote *et al.* (2008) señalan que el crecimiento de diferentes variedades de maíz (P-2546, P-683, Tayuyo y Oro) es inhibido a la concentración de NaCl al 2 %. A la vez, Laynez *et al.* (2008) expresan que al evaluar el efecto del potencial osmótico inducido por el NaCl sobre la germinación de semillas de maíz (variedad Himeca 95 y Pioneer 361) la germinación a $-0,328$ y $-0,547$ MPa de presión osmótica disminuyó entre 20,5 y 28 % respectivamente para la variedad Himeca y un 10 a 6 % respectivamente para Pioneer, siendo estos últimos valores similares a los resultados obtenidos en la presente investigación. Esto se debe al retardo de la absorción del agua por las semillas debido a los efectos tóxicos que ejercen los iones sobre ellas,

ya que afectan las funciones de la membrana y la pared celular del embrión producto de una reducción en la permeabilidad de la membrana plasmática.

Las elevadas concentraciones de NaCl provocan que la movilidad del agua disminuya y, por ende, la velocidad de imbibición de las semillas que, a su vez, repercute en la síntesis de biopolímeros, proteínas, ácidos nucleicos y la cantidad de hormonas reguladoras de la célula vegetal; aspectos que en su conjunto limitan la intensidad de los procesos de crecimiento conforme se desarrollan en la subsecuente etapa de germinación (Lastiri, 2017). La salinidad influye de manera directa en la germinación de las semillas principalmente disminuyendo lo suficiente el potencial osmótico de la solución del suelo para retardar la absorción de agua por las semillas y también por la toxicidad al embrión (Laynez *et al.*, 2008).

Efecto de la salinidad sobre el enraizamiento de maíz variedad “Tayuyo”

La evaluación de variables morfológicas que caracterizan el crecimiento radical es de gran importancia en los estudios sobre el efecto del estrés por salinidad, dado que la raíz se encuentra en contacto directo con el sustrato salino. En este sentido se evaluó la longitud de la raíz primaria a los 8 días, mostrando un comportamiento exponencial sin diferencias

estadísticamente significativas para la totalidad de los tratamientos evaluados. Al comparar el promedio de la longitud de la raíz primaria (Figura 2), se aprecia una disminución en la longitud de la raíz al aumentar la CE.

Los resultados muestran que entre los tratamientos 0 y 2 dS m⁻¹ no existieron diferencias estadísticamente significativas lo cual nos indica que el desarrollo de la raíz no se ve afectada. A partir de 4 dS m⁻¹ existieron diferencias estadísticamente significativas entre los demás tratamientos. Estos resultados muestran como la salinidad produce una disminución marcada sobre el crecimiento de la raíz en estadios muy tempranos debido a que interrumpe los procesos de síntesis de proteínas y de otras estructuras, lo que afecta el alargamiento de las raíces.

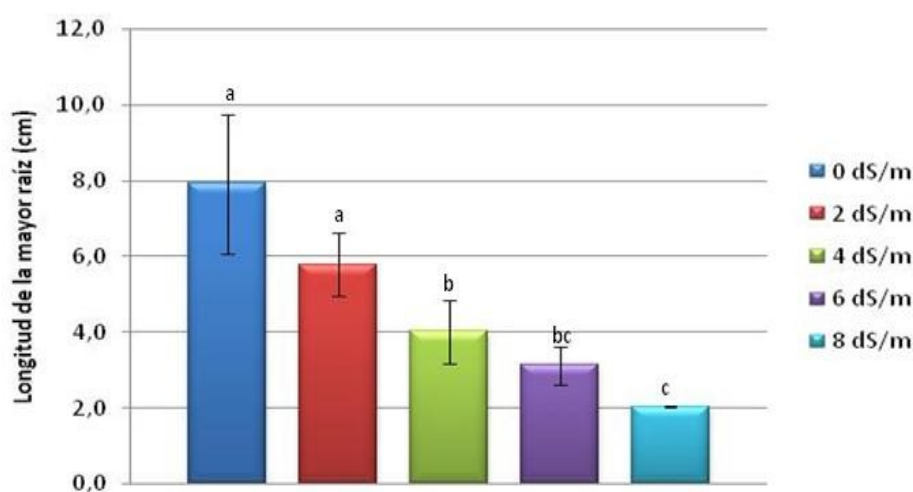
La longitud de la raíz y del vástago son los caracteres más importantes para el estrés salino porque las raíces están en contacto directo con el suelo y absorben el agua mientras que el vástago la conduce al resto de la planta. Por esta razón, la longitud de la raíz y del vástago son claves para la respuesta de las plantas al estrés salino (Layne *et al.*, 2008). Según Nawaz *et al.* (2010) el estrés osmótico detiene inmediatamente la expansión celular en las raíces por lo cual, una menor longitud de la raíz puede ser el resultado de la pérdida de turgencia. Achón *et al.* (2014) expresa que el

efecto de la aplicación de bioestimulantes en la tolerancia de *Sorghum bicolor* L. al estrés salino repercute en la acumulación de Na⁺ en las raíces, ya que muestran menor relación de K⁺/Na⁺; por el contrario, Quintana *et al.* (2016) hallaron que al aplicar sales sódico-alcalinas al cultivo de *Phaseolus vulgaris* L. se inhibe el crecimiento de la raíz debido a los procesos hidrolíticos, donde el Na⁺ que actúan en el ámbito de meristemos, destruye las células vegetales e inhibe la síntesis de hormonas, lo que limita el crecimiento de la planta.

Efecto de la salinidad sobre la altura de planta de maíz variedad “Tayuyo”

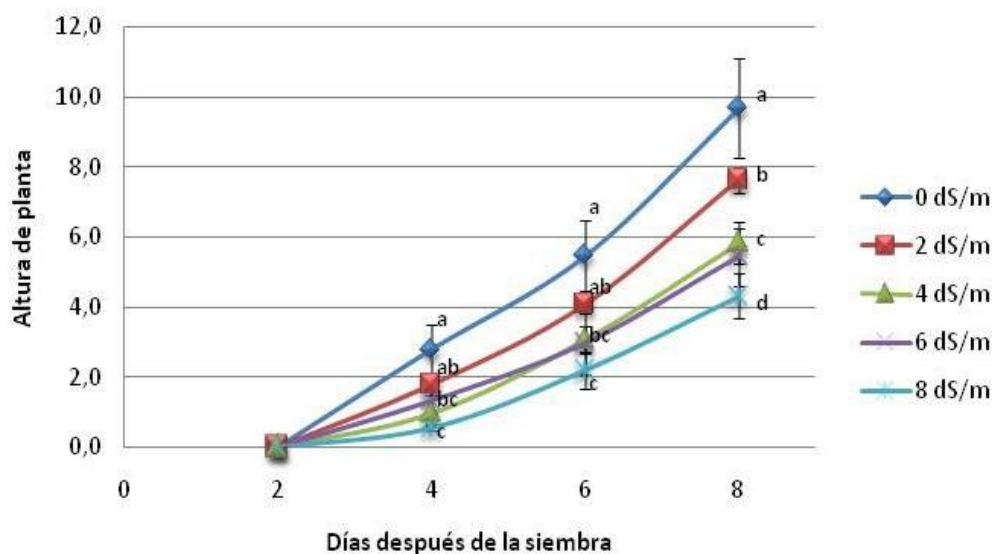
Una de las principales variables que se tiene en cuenta en los estudios de tolerancia a la salinidad, además de la longitud de la raíz, es la altura de planta dado que la primera absorbe el agua del suelo y el segundo la distribuye al resto de la planta. La Figura 3 presenta los resultados de la evaluación del efecto de la salinidad sobre la altura de las plantas.

Esta variable se comportó de manera muy similar a la germinación de las semillas. Se constató que no existieron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la altura de las plantas crecidas a 2 dS m⁻¹ con las del control (0 dS m⁻¹), se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el resto de los tratamientos (4, 6 y 8 dS m⁻¹) y el



Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$)

Figura 2. Efecto in vitro del estrés salino sobre la longitud de la raíz primaria de maíz variedad “Tayuyo”



Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) DS

Figura 3. Efecto in vitro del estrés salino sobre la altura de plántulas (cm) de maíz variedad “Tayuyo”

control (0 dS m^{-1}) a partir del cuarto día. Resultados que sugieren que la variedad “Tayuyo”, podría emplearse con éxito en suelos moderadamente salinos.

La disminución del crecimiento de las plantas, inducida por la salinidad, puede deberse al efecto inhibitorio de los iones y también a la absorción más lenta del agua por las raíces (Jamil *et al.*, 2007). En este sentido, Srinivas (2001), realizaron investigaciones donde evaluaron 20 accesiones de (*Lycopersicon peruvianum*) empleando NaCl. Los resultados obtenidos en dicha investigación indicaron que 17 accesiones de *L. peruvianum*, muestran efectos perjudiciales, observándose la disminución de crecimiento a niveles de CE superiores a $4,95 \text{ dS m}^{-1}$. Así mismo, Laynez *et al.* (2008), trabajando con dos variedades de maíz obtuvieron resultados similares a la presente investigación al observar la disminución de la relación altura de la planta, longitud de la raíz con el aumento de la salinidad.

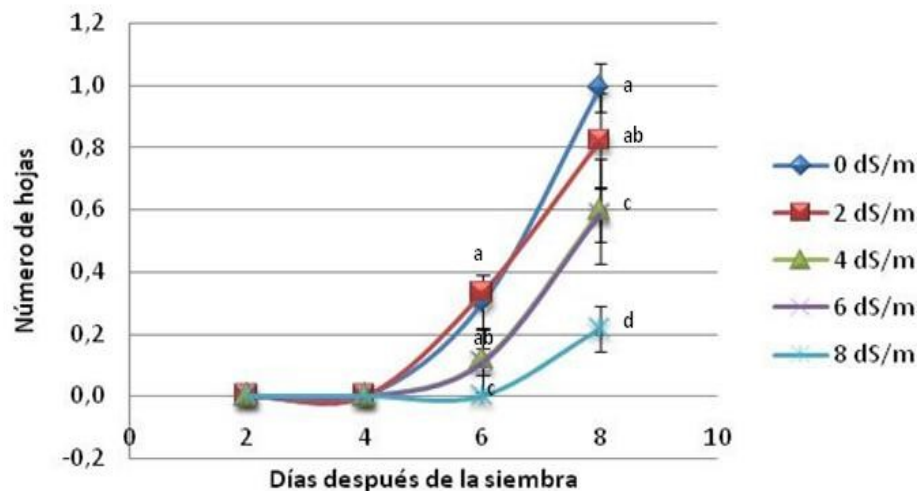
La salinidad puede inhibir el crecimiento de las plántulas debido a varios factores, incluyendo la toxicidad iónica, deficiencia en la nutrición mineral y cambios en las relaciones hídricas, siendo esto último un efecto similar al producido por la sequía (Laynez *et al.*, 2008).

El crecimiento lineal y la acumulación de la biomasa de los órganos vegetativos depende al igual que el crecimiento de las plántulas, de la intensidad de los procesos de división y diferenciación celular por lo que, en condiciones de estrés salino, el crecimiento de las estructuras vegetativas disminuye significativamente y mucho más fuerte a medida que aumenta la concentración de sales en el sustrato (Biondi *et al.*, 2014). La causa fundamental de las afectaciones del crecimiento de las plántulas en condiciones salinas, lo constituye la inhibición marcada de los procesos de síntesis que se producen en las plantas, por la acumulación en las células de cantidades altas de iones salinos.

Efecto de la salinidad sobre el número de hojas de maíz variedad “Tayuyo”

Al evaluar el efecto de la salinidad sobre el número de hojas en plantas de *Zea mays* L. var. “Tayuyo” se obtuvieron los resultados que se muestran en la Figura 4.

Como se evidencia en esta Figura 4, no existieron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento de 2 dS m^{-1} y el control (0 dS m^{-1}) a ninguno de los momentos de evaluación. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de ($4, 6$ y 8 dS m^{-1}) con respecto al



Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) DS

Figura 4. Efecto in vitro del estrés salino sobre el número de hojas de plántulas de maíz variedad "Tayuyo"

control (0 dS m^{-1}) a partir del sexto día donde se comenzó a observar la formación de las hojas. Estos resultados pudieran estar dados por disminuciones en los potenciales hídricos foliares y osmóticos según se ha reportado en varias especies entre las que se encuentra *Zea mays* L. Estos resultados estarían dados por una disminución de la fotosíntesis con el aumento de la salinidad (Goykovic y Saavedra, 2007). Estudios realizados por Ruiz *et al.* (2014), menciona que uno de los efectos más evidentes del estrés salino es la reducción en la capacidad de absorción de agua, que se puede manifestar en una reducción de expansión foliar y pérdida de turgencia en tallo y hojas de las plantas. Así mismo, las causas de la salinización ocasionan una caída repentina del potencial de agua de la hoja, el cual no es inmediatamente contabilizado por la disminución lenta del potencial osmótico de la hoja.

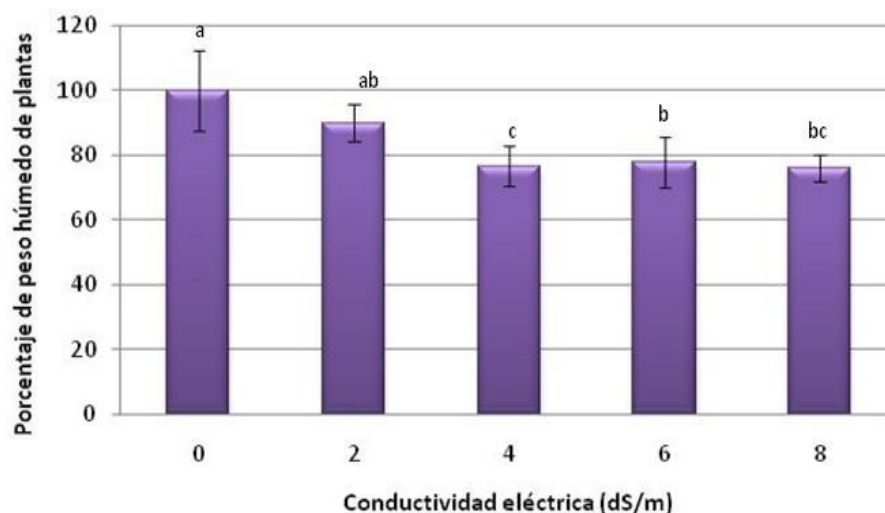
En estudios realizados por Ruiz *et al.* (2014), sobre la respuesta diferencial a la salinidad de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), en primeras etapas fenológicas, mencionan que en el ámbito de hojas la salinidad genera una reducción en su número y en el área foliar. Resultados similares fueron reportados por Achón *et al.* (2014) quien señala que el número de hojas sufrió reducciones del 2, 28 y 46 % a 2, 4 y 6 dS m^{-1} , respectivamente. Esta variable ha sido señalada como muy

importante en la tolerancia a las sales en el cultivo de sorgo, ya que su reducción refleja una menor capacidad para mantener en funcionamiento los tejidos fotosintéticamente activos, bajo esta condición.

Efecto de la salinidad sobre el peso de la materia fresca las plántulas de maíz variedad "Tayuyo"

El peso de la materia fresca puede dar una idea de la biomasa, aunque se debe tener en cuenta que las cantidades de agua pueden influir. En la Figura 5, los resultados señalan que el aumento de la conductividad eléctrica produce una disminución del peso de la materia fresca en las plantas evaluadas. Estos resultados concuerdan con los obtenidos para el resto de las variables analizadas. La materia fresca depende en gran medida de todos los órganos de la planta, por tanto, influyen en este parámetro el número, longitud y volumen de las raíces, la altura y diámetro del vástago y el área foliar.

Para esta variable no existieron diferencias estadísticamente significativas entre el porcentaje del peso de la materia fresca, crecidas a 2 dS m^{-1} y las plantas que se desarrollaron en el sustrato control; sin embargo, se encontraron diferencias significativas en 4, 6 y 8 dS m^{-1} respecto al control. Estos resultados pueden estar dados por los efectos osmóticos que



Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Figura 5. Efecto in vitro del estrés salino sobre el porcentaje de peso húmedo de plántulas de maíz variedad “Tayuyo” respecto al control

provoca el aumento de la conductividad eléctrica y, por tanto, es posible que disminuya el flujo de agua hacia el interior de las plantas. Lo anterior afecta la nutrición incluso por los iones salinos que pueden suprimir la absorción neta de nutrimentos debido a las interacciones competitivas iónicas o afectar la integridad de las membranas (Araujo *et al.*, 2006). De esta manera la disminución del crecimiento se muestra como la disminución en el peso húmedo de las plantas.

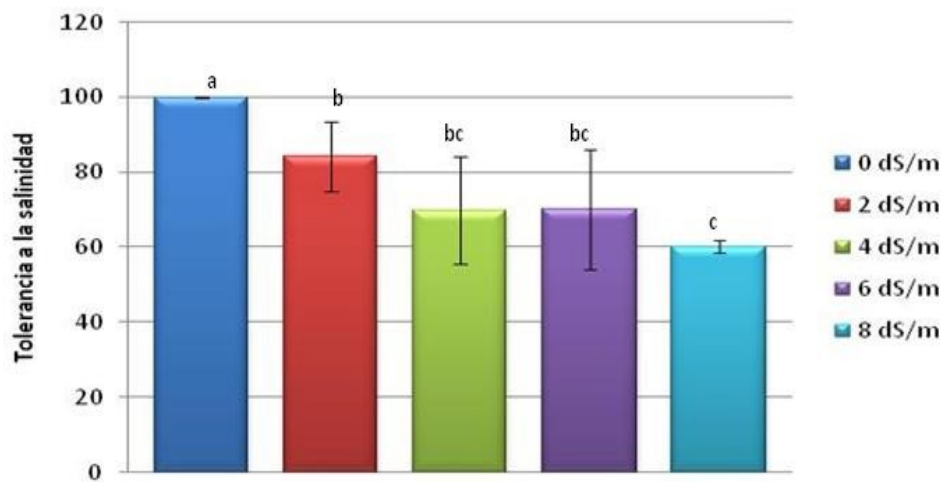
Estos resultados concuerdan con reportes en la literatura científica que indican la afectación de varios caracteres morfológicos de las plantas cuando aumentan los niveles de salinidad. Según Munns *et al.* (2008) los mecanismos de tolerancia a la salinidad inducidos en las plantas en presencia de altas concentraciones salinas se han enmarcado dentro de tres grupos: tolerancia al estrés osmótico, exclusión de sodio mediante las raíces y la tolerancia de los tejidos por compartimentación de los iones.

Índice de tolerancia a la salinidad de maíz variedad “Tayuyo”

El porcentaje del índice de tolerancia se refiere el promedio de todas las variables evaluadas para cada tratamiento (Figura 6). Como se puede observar existió una completa

concordancia con los resultados discutidos anteriormente, siendo evidente la tendencia en la disminución del índice de tolerancia con el aumento de los niveles de salinidad. En general, el incremento de los niveles de salinidad (disminución del potencial osmótico) causó un retardo de la velocidad de germinación, pero no en el porcentaje de germinación. Por otro lado, el resto de las variables (longitud de la raíz, altura de las plantas, número de hojas y el porcentaje de peso húmedo de las plantas) evaluadas mostraron una tendencia a la disminución con el incremento de los niveles de salinidad.

Las sales afectan las funciones de la membrana y las paredes. El NaCl afecta la permeabilidad de las membranas plasmáticas e incrementa el influjo de iones externos y el flujo de solutos en las células de las plantas, también causa endurecimiento de la pared celular y un aumento en la conductividad hídrica de la membrana plasmática (Mahdavi *et al.*, 2007). Estos efectos sobre las funciones de las membranas y paredes celulares pueden afectar el potencial del citosol y la extensibilidad celular, asimismo, la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas. Parihar *et al.* (2015) expresan que procesos como la germinación, el crecimiento, la fotosíntesis y la producción de



Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Figura 6. Tolerancia in vitro al estrés salino de plántulas de maíz variedad "Tayuyo"

pigmentos fotosintéticos, se ven afectados por el estrés salino, lo que puede derivarse en desbalance nutrimental, estrés oxidativo e incluso la muerte de la planta.

CONCLUSIONES

El incremento de los niveles de salinidad causó un retardo en la germinación de las semillas de maíz variedad "Tayuyo". La longitud de la raíz, la altura de las plantas, el número de hojas y el peso de la materia fresca mostraron una tendencia a disminuir con el incremento de los niveles de salinidad desde 4, 6, 8 dS m⁻¹.

CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Carlos Alberto Sangoquiza Caiza: Fue el responsable de escribir el manuscrito publicado, específicamente, la redacción del borrador (incluida la rectificación de los señalamientos realizados al mismo por los árbitros y Consejo Editorial).

Yosvel Viera Tamayo: Tuvo la responsabilidad de supervisar y liderar la planificación y ejecución de las actividades de investigación, incluida la tutoría al equipo responsable de tomar los datos experimentales.

Carlos Fernando Yáñez Guzmán: Contribuyó en la aplicación de las técnicas estadísticas utilizadas para analizar o sintetizar los datos de

estudio obtenidos.

José Luis Zambrano Mendoza: Hizo la revisión crítica del borrador y recomendó modificaciones, supresiones y adiciones en el mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- ACHÓN, I., ALCARAZ, P., LUIS, P., *et al.* 2014. Effects of the application of biostimulants on the tolerance of *Sorghum bicolor* (L.) Moench to salt stress. *Investigación Agraria*, 16(1): 11-20 .
- ARAUJO, S. *et al.* 2006. Salinity tolerance of halophyte *Atriplex nummularia* L. grown under increasing NaCl levels. *Rev Bras Eng Agríc Ambient*, 10 (4): 848-854.
- BIONDI, S., RUIZ, K. B., MARTÍNEZ, E. A., *et al.* 2014. Tolerancia a condiciones salinas. In: Estado Del Arte De La Quinoa En El Mundo En 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations, pp. 167-184. Disponible en: <https://agritrop.cirad.fr/574149/> Consultado el 28/03/2019.
- CAPOTE, A., FERNÁNDEZ, L., CABRERA, M., *et al.* 2008. Efecto de la salinidad sobre la germinación in vitro de embriones inmaduros de maíz (*Zea mays* L.). Instituto de

- Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT), Cuba.
- FAO. 2015. Mejoramiento de Maíz con objetivos especiales. Disponible en: www.fao.org/DOCREP/003/X7650S/x7650s21 Consultado el 13/02/2019.
- GÓMEZ-PADILLA, E., RUIZ-DÍEZ, B., FAJARDO, S., *et al.* 2017. Caracterización de rizobios aislados de nódulos de frijol caupí, en suelos salinos de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 38(4): 39-49.
- GONZÁLEZ, L. M. 2002. Apuntes sobre la fisiología de las plantas cultivadas bajo estrés de salinidad. *Cultivos Tropicales*, 23(4): 47-58.
- GOYKOVIC, V. y SAAVEDRA DEL REAL, G. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *Idesia (Arica)*, 25(3): 47-58.
- JAMIL, M. *et al.* 2007. Salt stress inhibits germination and early seedling growth in cabbage (*Brassica oleracea capitata* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10 (6): 910-914.
- LASTIRI, M. A., ÁLVAREZ BERNAL, D., SORIA MARTÍNEZ, L. H., *et al.* 2017. Efecto de la salinidad en la germinación y emergencia de siete especies forrajeras. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(6): 1245-1257.
- LAYNEZ, J. A., MÉNDEZ-NATERA, J. R. y MAYZ-FIGUEROA, J. 2008. Efecto de la salinidad y del tamaño de la semilla sobre la germinación y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de laboratorio. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 11(1): 17-25.
- MAHDAVI, B. y MODARRES, S. 2007. Germination and seedling growth in grasspea (*Lathyrus sativus*) cultivars under salinity conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10 (2): 273-279.
- MUNNS, R. y TESTER, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu Rev Plant Biol*, 59: 651-681. Disponible en: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911> Consultado el 9/03/2019.
- NAWAZ, K., HUSSAIN, K., MAJEED, A., *et al.* 2010. Fatality of salt stress to plants: Morphological, physiological and biochemical aspects. *African Journal of Biotechnology*, 9(34).
- ONEI (Oficina Nacional de Estadísticas). 2013. Anuarios Estadísticos Agropecuario. Disponible en: <https://europepmc.org/article/med/25398215> Consultado 20/03/2019.
- PARIHAR, P., SINGH, S., SINGH, R., *et al.* 2015. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1): 4056-4075.
- QUINTANA, B.W.A., PINZÓN, S.E.H., TORRES, D.F. 2016. Evaluación del crecimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) CV ica cerinza, bajo estrés salino. *Revista Actualidad y Divulgación Científica*, 19 (1): 87 - 95 .
- RUIZ, F. H., VILLALPANDO GUTIÉRREZ, R. L., MURILLO AMADOR, B., *et al.* 2014. Respuesta diferencial a la salinidad de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en primeras etapas fenológicas. *Terra Latinoamericana*, 32(4): 311-323.
- SRINIVAS, T.R. 2001. Salinity tolerance of tomato germplasm during germination. *Seed Science and Technology*, 29 (3): 673-677.



Artículo de libre acceso bajo los términos de una *Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional*. Se permite, sin restricciones, el uso, distribución, traducción y reproducción del documento, siempre que la obra sea debidamente citada.