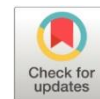


Evaluación de la tolerancia a la salinidad en soya (*Glycine max* L.) mediante el rendimiento germinativo

*Assessment of salinity tolerance in soybean (Glycine max L.) through
germination performance*

- ¹ Diana Karina Ramírez Andrade  <https://orcid.org/0000-0003-0407-6953>
Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Machala, Ecuador.
Maestría en Agronomía, mención Producción Vegetal
dramirez31@utmachala.edu.ec
- ² Gabriela Eugenia Ajila Celi  <https://orcid.org/0000-0001-8019-2599>
Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Machala, Ecuador.
Maestría en Agronomía, mención Producción Vegetal
geajila@utmachala.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 13/05/2026

Revisado: 14/06/2026

Aceptado: 21/07/2026

Publicado: 11/08/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v8i3.705>

Cítese:

Ramírez Andrade, D. K., & Ajila Celi, G. E. (2026). Evaluación de la tolerancia a la salinidad en soya (*Glycine max* L.) mediante el rendimiento germinativo. AlfaPublicaciones, 8(3), 70–84. <https://doi.org/10.33262/ap.v8i3.705>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Palabras claves:

Salinidad;
germinación;
Glycine max;
NaCl;
plántulas normales;
vigor;
biomasa.

Resumen

Introducción. La salinidad puede conservar el inicio de la germinación y, al mismo tiempo, comprometer la formación de plántulas funcionales, el crecimiento y la acumulación de biomasa en soya. **Objetivo.** Evaluar la respuesta de semillas de soya a 0, 50 y 100 mM de NaCl mediante indicadores de germinación temprana, normalidad de plántulas, crecimiento y biomasa. **Metodología.** Se aplicó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y seis unidades experimentales por tratamiento, cada una con 50 semillas de un lote comercial de identidad varietal no declarada. El ensayo se mantuvo durante ocho días a 25 ± 2 °C y 12 h de luz. Se determinaron la germinación al quinto día, las plántulas normales al octavo día, las longitudes de brote y raíz, la pérdida de agua y la masa seca. Los datos se analizaron mediante ANOVA de una vía y Tukey al 5 %. **Resultados.** La germinación al quinto día permaneció entre 88,83 y 94,00 % sin diferencias estadísticas. En contraste, las plántulas normales disminuyeron de 83,33 % en el control a 57,83 y 45,83 % con 50 y 100 mM. A 100 mM, el brote y la raíz alcanzaron 1,85 y 3,20 cm, la pérdida de agua aumentó a 79,34 % y la masa seca radicular y aérea descendió a 0,06 y 0,87 g. **Conclusión.** El lote evaluado mantuvo una elevada capacidad de iniciar la germinación, pero su establecimiento temprano fue sensible al NaCl, especialmente a 100 mM. La normalidad de plántulas, el crecimiento y la biomasa discriminaron mejor el estrés que el primer conteo de germinación. **Área de estudio general:** Ciencias agrícolas. **Área de estudio específica:** Fisiología vegetal y tecnología de semillas. **Tipo de estudio:** Artículo original.

Keywords:

Salinity;
germination;
Glycine max;
NaCl;
normal seedlings;
vigor;
biomass.

Abstract

Introduction. Salinity may leave the onset of germination unchanged while impairing the formation of functional seedlings, early growth, and biomass accumulation in soybeans. **Objective.** To evaluate the response of soybean seeds to 0, 50, and 100 mM NaCl using early germination, seedling normality, growth, and biomass indicators. **Methodology.** A completely randomized design was used with three treatments and six experimental units per treatment, each containing 50 seeds from a commercial lot whose varietal identity was not declared. The

test was maintained for eight days at 25 ± 2 °C under a 12 h photoperiod. Germination on day 5, normal seedlings on day 8, shoot and root lengths, water loss, and dry mass were measured. Data were analyzed by one-way ANOVA and Tukey's test at 5%. **Results.** Day-5 germination remained between 88.83% and 94.00%, with no statistical differences. In contrast, normal seedlings decreased from 83.33% in the control to 57.83% and 45.83% at 50 and 100 mM. At 100 mM, shoot and root lengths reached 1.85 and 3.20 cm, water loss increased to 79.34%, and root and shoot dry mass decreased to 0.06 and 0.87 g. **Conclusion.** The evaluated seed lot retained a high capacity to initiate germination, whereas early seedling establishment was sensitive to NaCl, especially at 100 mM. Seedling normality, growth, and biomass discriminated against stress more effectively than the first germination count. **General area of study:** Agricultural sciences. **Specific area of study:** Plant physiology and seed technology. **Type of study:** Original article.

1. Introducción

La salinidad del suelo limita el establecimiento y la productividad de numerosos cultivos porque reduce el potencial hídrico del medio e impone, de manera progresiva, desequilibrios iónicos y oxidativos. La respuesta vegetal combina una fase osmótica temprana, asociada con menor absorción de agua y restricción de la expansión celular, y una fase iónica posterior, vinculada con la acumulación de sodio y cloruro, la alteración de la nutrición mineral y el daño metabólico. La intensidad de esos efectos depende de la especie, el genotipo, el órgano y el momento del desarrollo (Alzahrani, 2024; Van Zelm et al., 2020; Oñate et al., 2019).

La soya (*Glycine max* L.) posee elevada importancia alimentaria e industrial, pero presenta una respuesta heterogénea frente a la salinidad. La tolerancia no constituye un rasgo único: puede expresarse de forma distinta durante la imbibición, la germinación, el establecimiento de la plántula y las fases vegetativas o reproductivas. En esta especie se describió mecanismos de exclusión y compartimentación de sodio, mantenimiento de la relación K^+/Na^+ y regulación de genes asociados con defensa y homeostasis; no obstante, la magnitud de la respuesta varía ampliamente entre materiales (Guan et al., 2024; Liu et al., 2023; Gaibor et al., 2024; Arciniega et al., 2018).

Los ensayos de semillas en condiciones controladas constituyen una alternativa rápida para detectar diferencias tempranas. En ellos es necesario distinguir el primer conteo de germinación de la proporción de plántulas normales: una semilla puede emitir la radícula y, aun así, originar una plántula con estructuras insuficientes para continuar su desarrollo. Por esta razón, las reglas de evaluación de semillas y los estudios de cribado recomiendan integrar germinación, normalidad de plántulas, crecimiento y vigor, en lugar de interpretar un único porcentaje de forma aislada (International Seed Testing Association [ISTA], 2026; Zhou et al., 2023; Han et al., 2025; Gobade et al., 2025).

La evidencia reciente confirma que concentraciones de NaCl entre 50 y 150 mM pueden modificar la germinación, la elongación de brotes y raíces, la biomasa y diferentes respuestas fisiológicas, aunque el umbral de afectación depende del genotipo y del criterio utilizado. Asimismo, los programas de selección incorporaron métodos fenotípicos y genómicos para identificar materiales con respuestas más estables frente al estrés salino (Begum et al., 2022; Kokebie et al., 2024; Chen et al., 2024; Wang et al., 2024; Xu et al., 2024).

En Ecuador existe información limitada sobre la respuesta temprana de lotes comerciales de soya sometidos a gradientes definidos de NaCl, especialmente cuando se comparan indicadores de inicio de germinación con variables de calidad de plántula. En este contexto, el objetivo fue evaluar la tolerancia a la salinidad en semillas de soya mediante indicadores de germinación, crecimiento inicial y biomasa bajo 0, 50 y 100 mM de NaCl. Se planteó como hipótesis que el incremento de la concentración salina reduciría la proporción de plántulas normales, la longitud de brote y raíz y la acumulación de materia seca, aun cuando la germinación al quinto día permaneciera relativamente alta.

2. Metodología

Se desarrolló un estudio cuantitativo, experimental y de alcance comparativo, bajo un diseño completamente al azar con un factor: concentración de cloruro de sodio. Se evaluaron tres niveles, 0 mM (control), 50 mM y 100 mM de NaCl. Cada tratamiento estuvo conformado por seis unidades experimentales de 50 semillas, para un total de 900 semillas evaluadas. Esta estructura permitió contrastar el efecto del gradiente salino sobre variables de germinación, calidad de plántula, crecimiento y biomasa.

2.1. Material biológico y condiciones del ensayo

El ensayo se ejecutó en abril de 2026 bajo condiciones controladas de laboratorio en Machala, Ecuador. Se utilizó un lote comercial de semillas de soya cuya identidad varietal no fue declarada por el proveedor; esta condición se consideró posteriormente como una limitación para generalizar los resultados a un genotipo específico. Las semillas se seleccionaron visualmente antes de la instalación del ensayo.

Cada unidad experimental se dispuso sobre papel Germitest® humedecido con un volumen de solución equivalente a tres veces la masa seca del papel. Los rollos se aseguraron con bandas elásticas, se colocaron en fundas herméticas de polipropileno y se

mantuvieron durante ocho días a 25 ± 2 °C, con un fotoperiodo de 12 h de luz y 12 h de oscuridad.

2.2. Preparación de los tratamientos salinos

El tratamiento control se preparó con agua destilada. Para los tratamientos salinos se disolvió NaCl de grado analítico hasta obtener concentraciones nominales de 50 y 100 mM. En 500 mL de solución, estas concentraciones correspondieron aproximadamente a 1,46 y 2,92 g de NaCl, respectivamente. Cada unidad recibió únicamente la solución asignada a su tratamiento, con el fin de mantener la independencia del gradiente experimental.

2.3. Variables y procedimientos de medición

La germinación al quinto día (G5) se calculó como el número de semillas que iniciaron la germinación respecto de las 50 semillas evaluadas en cada unidad. El porcentaje de plántulas normales al octavo día (PN8) se determinó con relación al total de semillas de la unidad experimental y consideró la presencia de estructuras esenciales suficientemente desarrolladas y sin deterioro visible, de acuerdo con los criterios generales de evaluación de plántulas (**Ecuación 1**).

$$G5 (\%) = (\text{semillas germinadas al día 5} / 50) \times 100 \quad (1)$$

$$PN8 (\%) = (\text{plántulas normales al día 8} / 50) \times 100$$

La longitud del brote y la longitud de la raíz se registraron en centímetros en diez plántulas normales seleccionadas por unidad experimental. Para la evaluación de biomasa se pesaron por separado las fracciones radicular y aérea en estado fresco y, posteriormente, se secaron a 65 °C durante 24 h o hasta masa constante. La masa seca radicular y la masa seca de la parte aérea se expresaron en gramos. La pérdida de agua se estimó como la proporción de masa eliminada durante el secado respecto de la masa fresca total (2) tanto, se interpretó como un indicador gravimétrico de contenido de agua y no como una medición directa de transpiración o estado hídrico tisular (**Ecuación 2**).

$$\text{Pérdida de agua (\%)} = [(masa fresca total - masa seca total) / masa fresca total] \times 100$$

2.4. Criterios de selección, eliminación y aspectos éticos

Se incluyeron semillas completas, de tamaño visualmente uniforme y sin daño mecánico, decoloración severa o signos evidentes de contaminación. Se excluyeron semillas quebradas, deformadas o con deterioro visible. Se estableció como criterio de eliminación de una unidad experimental la contaminación generalizada, la pérdida del nivel de humedad por falla del empaque o una desviación evidente de las condiciones de incubación; no se registraron unidades eliminadas y el análisis se realizó con $n = 6$ por tratamiento. Debido a que el estudio empleó material vegetal y no involucró seres humanos ni animales, no requirió consentimiento informado ni aprobación de un comité de ética. Se conservaron la trazabilidad de los datos, los registros de laboratorio y la separación entre observaciones originales y cálculos derivados.

2.5. Análisis estadístico

Para cada variable se calcularon la media y el error patrón de la media (EPM). El efecto de la concentración de NaCl se evaluó mediante un análisis de varianza de una vía y, cuando correspondió, las medias se compararon con la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. El procesamiento se realizó en Python 3.11 con las bibliotecas SciPy y statsmodels, y las figuras se generaron con Matplotlib. Además, se calculó el cambio relativo de cada tratamiento salino respecto del control para facilitar la comparación de la magnitud de respuesta entre variables.

3. Resultados

Los resultados se organizaron de acuerdo con las variables evaluadas y el efecto de las concentraciones de 0, 50 y 100 mM de NaCl. Primero, se compararon la germinación al quinto día y el porcentaje de plántulas normales al octavo día; posteriormente, se analizaron el crecimiento inicial, la pérdida de agua y la acumulación de biomasa seca. Finalmente, se integraron los cambios relativos de los tratamientos salinos respecto del control para identificar los indicadores más sensibles al estrés.

3.1. Germinación al quinto día y plántulas normales

Como se muestra en la **Tabla 1**, la germinación al quinto día se mantuvo elevada en los tres tratamientos y las medias compartieron la misma letra de Tukey. El control alcanzó 94,00 %, mientras que 50 y 100 mM de NaCl registraron 92,17 y 88,83 %, respectivamente. En consecuencia, el gradiente salino no modificó de manera estadísticamente detectable el inicio del proceso germinativo.

Tabla 1

Germinación al quinto día y plántulas normales de soya bajo tres niveles de NaCl

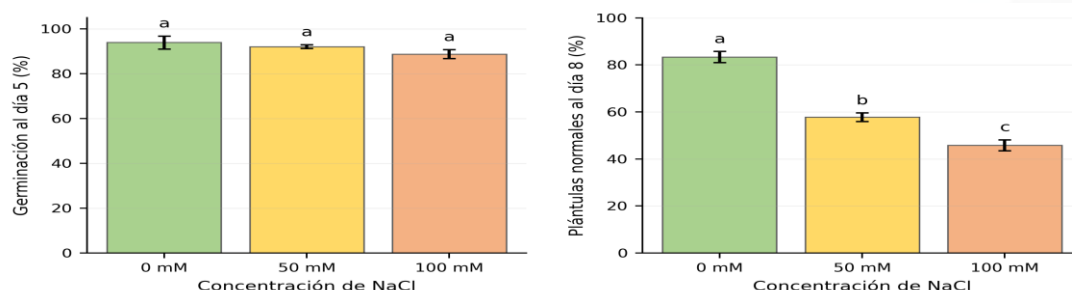
Tratamiento	Germinación al día 5 (%)	Plántulas normales al día 8 (%)
0 mM NaCl	94,00 ± 2,90 a	83,33 ± 2,38 a
50 mM NaCl	92,17 ± 0,79 a	57,83 ± 1,82 b
100 mM NaCl	88,83 ± 1,99 a	45,83 ± 2,36 c

Nota. Valores expresados como media ± EPM (n = 6). Letras distintas dentro de una misma columna indican diferencias estadísticas según Tukey al 5 %.

La respuesta cambió al considerar la calidad de las plántulas al octavo día. El porcentaje de plántulas normales disminuyó desde 83,33 % en el control hasta 57,83 % con 50 mM y 45,83 % con 100 mM, y los tres tratamientos se separaron estadísticamente. La **Figura 1** evidencia que el primer conteo de germinación fue poco sensible, mientras que la normalidad de plántulas mostró un deterioro progresivo con la concentración salina.

Figura 1

Germinación al quinto día y plántulas normales al octavo día bajo tres niveles de NaCl



Nota. Las barras representan la media $\pm$ EPM ($n = 6$). Letras iguales indican ausencia de diferencias y letras distintas indican diferencias estadísticas entre tratamientos según Tukey al 5 %.

Respecto del control, la germinación al quinto día disminuyó solo 1,9 % con 50 mM y 5,5 % con 100 mM. En cambio, las plántulas normales se redujeron 30,6 y 45,0 %, respectivamente, lo que confirma una mayor sensibilidad de la formación de plántulas funcionales frente al estrés.

3.2. Crecimiento inicial

En la **Tabla 2** se observa que el tratamiento de 50 mM mantuvo longitudes de brote y raíz estadísticamente similares al control. La respuesta fue diferente con 100 mM: la longitud del brote descendió a 1,85 cm y la raíz a 3,20 cm, con letras distintas respecto de los tratamientos de menor salinidad.

Tabla 2

Longitud del brote y de la raíz de plántulas de soya bajo salinidad

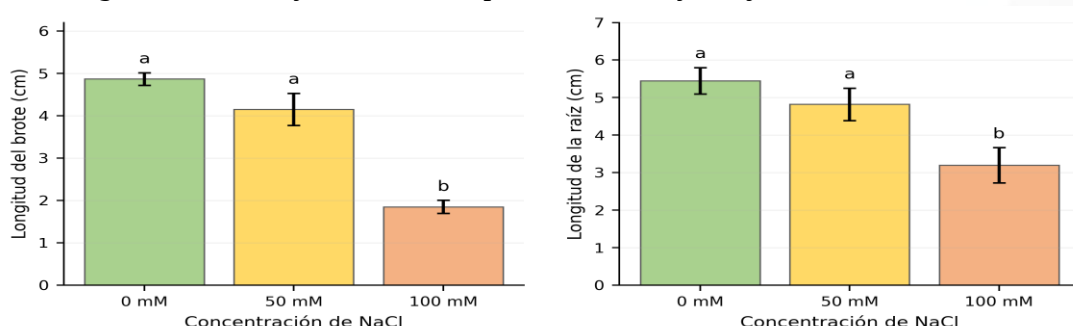
Tratamiento	Longitud del brote (cm)	Longitud de la raíz (cm)
0 mM NaCl	4,87 $\pm$ 0,148 a	5,45 $\pm$ 0,349 a
50 mM NaCl	4,15 $\pm$ 0,378 a	4,82 $\pm$ 0,435 a
100 mM NaCl	1,85 $\pm$ 0,157 b	3,20 $\pm$ 0,469 b

Nota. Valores expresados como media $\pm$ EPM ($n = 6$). Letras distintas dentro de una misma columna indican diferencias estadísticas según Tukey al 5 %.

La **Figura 2** permite apreciar que el efecto de 100 mM fue proporcionalmente más marcado sobre el brote. Frente al control, esta concentración redujo la longitud aérea 62,0 % y la longitud radicular 41,3 %. A 50 mM, las reducciones fueron 14,8 y 11,6 %, respectivamente, sin separación estadística de las medias.

Figura 2

Longitud del brote y de la raíz de plántulas de soya bajo tres niveles de NaCl



Nota. Las barras representan la media $\pm$ EPM ($n = 6$). Letras distintas sobre las barras indican diferencias estadísticas entre tratamientos según Tukey al 5 %.

El patrón indica que el material evaluado toleró una concentración intermedia durante la elongación inicial, pero no mantuvo el crecimiento cuando el medio alcanzó 100 mM de NaCl. La mayor reducción relativa del brote sugiere una limitación importante en la expansión de la parte aérea durante el establecimiento.

3.3. Pérdida de agua y biomasa seca

Como se resume en la **Tabla 3**, la pérdida de agua fue similar entre el control y 50 mM, con valores de 71,76 y 73,26 %. El tratamiento de 100 mM aumentó este indicador a 79,34 % y se separó estadísticamente de los dos niveles inferiores. La masa seca radicular disminuyó de 0,14 g en el control a 0,06 g con 100 mM; la masa seca aérea descendió de forma progresiva desde 1,46 hasta 0,87 g.

Tabla 3

Pérdida de agua y masa seca de plántulas de soya bajo salinidad

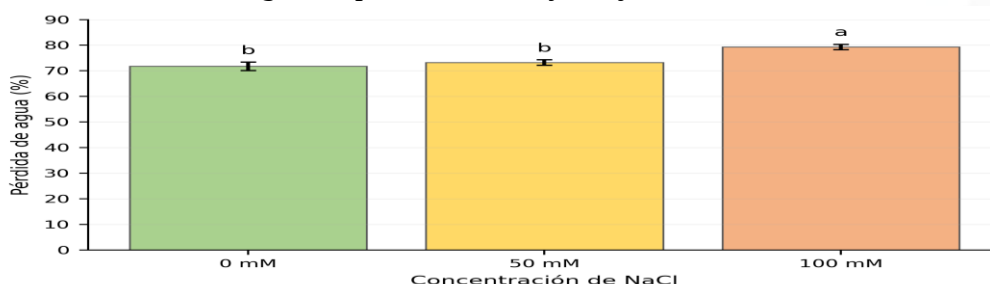
Tratamiento	Pérdida de agua (%)	Masa seca radicular (g)	Masa seca aérea (g)
0 mM NaCl	71,76 $\pm$ 1,640 b	0,14 $\pm$ 0,0021 a	1,46 $\pm$ 0,0326 a
50 mM NaCl	73,26 $\pm$ 1,100 b	0,12 $\pm$ 0,0033 a	1,24 $\pm$ 0,0035 b
100 mM NaCl	79,34 $\pm$ 1,040 a	0,06 $\pm$ 0,0121 b	0,87 $\pm$ 0,0422 c

Nota. Valores expresados como media $\pm$ EPM ($n = 6$). Letras distintas dentro de una misma columna indican diferencias estadísticas según Tukey al 5 %.

La **Figura 3** muestra el incremento del componente acuoso relativo de las plántulas sometidas a 100 mM. Debido a que esta variable se calculó a partir de la diferencia entre masa fresca y seca, el resultado representa una menor proporción de materia seca respecto de la masa fresca, y no debe interpretarse de manera aislada como una medición directa de deshidratación.

Figura 3

Pérdida de agua de plántulas de soja bajo tres niveles de NaCl

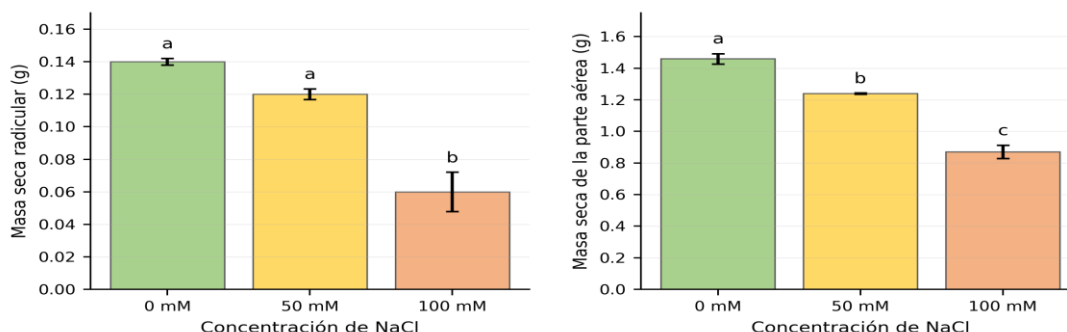


Nota. Las barras representan la media $\pm$ EPM ($n = 6$). Letras distintas indican diferencias estadísticas entre tratamientos según Tukey al 5 %.

La biomasa seca confirmó la pérdida de capacidad de acumulación bajo salinidad. Con 50 mM, la masa radicular se redujo 14,3 % y la aérea 15,1 % respecto del control. Con 100 mM, las reducciones alcanzaron 57,1 y 40,4 %, respectivamente. Como se observa en la **Figura 4**, la raíz mostró la mayor disminución relativa, mientras que la parte aérea presentó una respuesta gradual entre los tres tratamientos.

Figura 4

Masa seca radicular y aérea de plántulas de soja bajo tres niveles de NaCl



Nota. Las barras representan la media $\pm$ EPM ($n = 6$). Letras distintas indican diferencias estadísticas entre tratamientos según Tukey al 5 %.

En conjunto, el aumento de la pérdida de agua gravimétrica y la reducción de la materia seca indican que la exposición a 100 mM alteró la relación entre tejido hidratado y sólidos acumulados, además de limitar la producción de biomasa durante los ocho días del ensayo.

3.4. Síntesis de la respuesta relativa

La **Tabla 4** integra los cambios porcentuales de los tratamientos salinos respecto del control. El tratamiento de 50 mM produjo variaciones moderadas en la mayoría de las variables, pero redujo cerca de un tercio la proporción de plántulas normales. El tratamiento de 100 mM afectó todas las variables de establecimiento, con disminuciones superiores al 40 % en plántulas normales, brote, masa seca radicular y masa seca aérea.

Tabla 4
Cambio relativo de los tratamientos salinos respecto del control

Variable	50 mM vs. 0 mM	100 mM vs. 0 mM
Germinación al día 5	–1,9 %	–5,5 %
Plántulas normales al día 8	–30,6 %	–45,0 %
Longitud del brote	–14,8 %	–62,0 %
Longitud de la raíz	–11,6 %	–41,3 %
Pérdida de agua	+2,1 %	+10,6 %
Masa seca radicular	–14,3 %	–57,1 %
Masa seca aérea	–15,1 %	–40,4 %

Nota. Los cambios se calcularon con las medias de cada tratamiento. Los valores negativos indican disminución y los positivos incrementos respecto del control.

4. Discusión

La germinación al quinto día se mantuvo por encima de 88 % en todo el gradiente y no mostró diferencias estadísticas, lo que indica que las semillas conservaron la capacidad de iniciar el proceso germinativo hasta 100 mM de NaCl. Esta estabilidad temprana no implica ausencia de estrés. En soya, la respuesta puede variar con la concentración, el vigor inicial del lote y el genotipo, y un primer conteo elevado puede coexistir con deterioro posterior del desarrollo (Zhou et al., 2023; Han et al., 2025; Gobade et al., 2025). La marcada disminución de plántulas normales demuestra precisamente esa diferencia entre inicio de germinación y establecimiento funcional. El descenso de 83,33 % en el control a 45,83 % con 100 mM revela que una parte considerable de las semillas que iniciaron la germinación no produjo estructuras con calidad suficiente al octavo día. Este resultado respalda la evaluación conjunta recomendada por ISTA (2026) y coincide con revisiones que señalan la necesidad de combinar porcentaje de germinación, vigor, crecimiento y otros rasgos para caracterizar la tolerancia salina en soya (Guan et al., 2024).

El crecimiento respondió de forma no lineal. La concentración de 50 mM produjo reducciones moderadas sin separación estadística del control, mientras que 100 mM limitó de manera clara la elongación del brote y de la raíz. Estudios con varios cultivares describieron reducciones dependientes de la concentración en longitud, peso y desempeño fisiológico, aunque la magnitud cambia entre materiales (Begum et al., 2022; Kokebie et al., 2024). La mayor reducción relativa del brote observada en este estudio puede reflejar una restricción intensa de la expansión celular y de la movilización de reservas hacia la parte aérea.

La salinidad también alteró la acumulación de biomasa. La caída de la masa seca radicular a 100 mM fue mayor que la de la parte aérea, lo que confirma la sensibilidad de la raíz, órgano expuesto directamente al medio salino. Los mecanismos propuestos incluyen

reducción del potencial hídrico, desbalance de Na^+ y K^+ , alteración de membranas y mayor demanda de ajuste osmótico y defensa antioxidante (Isayenkov & Maathuis, 2019; Van Zelm et al., 2020). Por otra parte, el aumento de la pérdida de agua calculada gravimétricamente debe interpretarse con cautela: al derivarse de la relación entre masa fresca y seca, puede estar influido por la menor acumulación de sólidos y no equivale por sí solo a una medición fisiológica de deshidratación.

Los resultados poseen utilidad como evaluación preliminar de un lote comercial, pero no permiten asignar una categoría genética definitiva de tolerancia. La literatura muestra que la selección de soya frente a salinidad requiere comparar germoplasma identificado y, cuando sea posible, integrar marcadores o regiones genómicas relacionadas con la respuesta (Chen et al., 2024; Wang et al., 2024; Xu et al., 2024). Asimismo, genes asociados con señalización, defensa y homeostasis pueden modificar la respuesta, lo que explica por qué un único lote no representa la variabilidad de la especie (Liu et al., 2023; Feng et al., 2023).

Entre las limitaciones del estudio se encuentran la identidad varietal no declarada, la evaluación de un solo lote y una única fase de desarrollo, la ausencia de mediciones directas de conductividad eléctrica y pH de las soluciones durante el ensayo y la falta de validación en sustrato o campo. Aun con estas restricciones, la coherencia entre normalidad de plántulas, crecimiento y biomasa permite sostener que 100 mM fue el nivel más restrictivo y que el primer conteo de germinación, por sí solo subestimaron el daño temprano.

5. Conclusiones

- El objetivo de evaluar la respuesta temprana de semillas de soya a tres niveles de NaCl fue alcanzado mediante un conjunto de indicadores complementarios. La germinación al quinto día se mantuvo elevada y no discriminó estadísticamente los tratamientos; en cambio, el porcentaje de plántulas normales reveló una reducción progresiva desde 50 mM y fue uno de los indicadores más sensibles del ensayo.
- La concentración de 100 mM produjo la respuesta más restrictiva, con disminuciones marcadas en la longitud del brote, la longitud de la raíz y la masa seca radicular y aérea, además de un aumento en la pérdida de agua estimada gravimétricamente. Estos cambios evidencian que la capacidad de iniciar la germinación no garantiza un establecimiento satisfactorio bajo salinidad.
- El aporte principal del estudio consiste en demostrar que la evaluación temprana de salinidad en soya debe integrar normalidad de plántulas, crecimiento y biomasa, en lugar de depender exclusivamente del primer conteo de germinación. Los resultados constituyen una base para comparar genotipos identificados y validar la respuesta en condiciones de invernadero y campo, pero no deben

extrapolarse a una variedad específica mientras no se conozca la identidad genética del lote.

6. Conflicto de intereses

Las autoras manifiestan que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Derechos de autor (copyright)

Los autores son los titulares de los derechos de autor (patrimoniales y/o de explotación) de los contenidos de la revista (*copyright*).

8. Declaración de contribución de los autores

Los autores declaran haber participado de manera equitativa y sustancial en la realización de esta investigación, bajo las responsabilidades según la [Taxonomía CRediT](#) para describir las contribuciones individuales de cada autor al trabajo.

Diana Ramírez realizó la conceptualización de la investigación, organización y ejecución del ensayo, recopilación y curación de los datos, revisión del análisis estadístico, interpretación de los resultados, elaboración del borrador original, preparación de tablas y figuras, revisión crítica del contenido y aprobación de la versión final del manuscrito. Gabriela Ajila realizó la supervisión académica y metodológica de la investigación, brindó orientación durante el desarrollo del ensayo, revisó el análisis y la interpretación de los resultados, efectuó la revisión crítica del manuscrito, realizó la corrección científica y académica y aprobó la versión final para su publicación.

Divulgación de la delegación a la IA generativa

Las autoras declaran que emplearon ChatGPT (OpenAI, GPT-5.5) como herramienta de apoyo para reorganizar y reformular editorialmente el manuscrito original, corregir el estilo, traducir el resumen al inglés y comprobar el cumplimiento formal del formato de la revista. Los datos experimentales, el diseño, los resultados estadísticos y las decisiones científicas proceden de la investigación de las autoras y no fueron generados ni modificados por la herramienta. Las autoras revisaron, contrastaron y aprobaron cada sección y asumen la responsabilidad íntegra del contenido final. La herramienta no figura como autora ni asume responsabilidad por los resultados.

Declaración presentada por: Diana Karina Ramírez Andrade.

9. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

10. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de las autoras y no recibió financiamiento externo específico.

11. Referencias bibliográficas

- Alzahrani, Y. (2024). Evaluation of drought and salinity tolerance potentials of different soybean genotypes based upon physiological, biochemical, and genetic indicators. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1466363. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1466363>
- Arciniega Alvarado, G. A., Jaramillo Jaramillo, F. L., & Muñoz García, P. L. (2018). Diseño y desarrollo de un producto funcional de consumo (pan) a base de soya, máchica, amaranto y chía. *Ciencia Digital*, 2(2), 391-404. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i2.103>
- Begum, N., Hasanuzzaman, M., Li, Y., Akhtar, K., Zhang, C., & Zhao, T. (2022). Seed germination behavior, growth, physiology and antioxidant metabolism of four contrasting cultivars under combined drought and salinity in soybean. *Antioxidants*, 11(3), 498. <https://doi.org/10.3390/antiox11030498>
- Chen, L., Peng, L., Ouyang, W., Yao, H., Ye, Y., Shan, Z., Cao, D., Chen, S., Yang, Z., Huang, Y., Han, B., Sha, A., Zhou, X., & Chen, H. (2024). Screening and identification of salt tolerance soybean varieties and germplasms. *Oil Crop Science*, 9(3), 204-210. <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2024.06.005>
- Feng, C., Gao, H., Zhou, Y., Jing, Y., Li, S., Yan, Z., Xu, K., Zhou, F., Zhang, W., Yang, X., Hussain, M. A., & Li, H. (2023). Unfolding molecular switches for salt stress resilience in soybean: recent advances and prospects for salt-tolerant smart plant production. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1162014. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1162014>
- Gaibor Vallejo, L. M., Carrasco Schuldt, Ángel S., Núñez Rodríguez, P. J., Flores Cadena, C. A., Vargas Guillén, P. I., & Méndez Parra, K. M. (2024). Análisis sensorial y nutricional de un manjar elaborado con leche de vaca y bebida vegana de soya (*Glycine max*), quinoa (*Chenopodium quinoa*) y lenteja (*Lens culinaris*). *Alfa Publicaciones*, 6(1.1), 112–127. <https://doi.org/10.33262/ap.v6i1.1.459>
- Gobade, A., Arathi, S., Gijare, S., Pawar, D., & Patil, A. (2025). Evaluating salt tolerance in soybean core collection: germination response under salinity stress. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 72(2), 2059–2076. <https://doi.org/10.1007/s10722-024-02081-5>
- Guan, R.-X., Guo, X.-Y., Qu, Y., Zhang, Z.-W., Bao, L.-G., Ye, R.-Y., Chang, R.-Z., & Qiu, L.-J. (2024). Salt tolerance in soybeans: focus on screening methods and genetics. *Plants*, 13(1), 97. <https://doi.org/10.3390/plants13010097>

- Han, L., Ge, L., Fei, L., Huang, C., Li, Y., Fan, W., Zhu, D., & Zhao, L. (2025). A comprehensive evaluation of soybean germplasm resources for salt tolerance during germination. *Plants*, 14(5), 791. <https://doi.org/10.3390/plants14050791>
- International Seed Testing Association (ISTA). (2026). *International rules for seed testing*. <https://www.seedtest.org/en/publications/international-rules-seed-testing.html>
- Isayenkov, S. V., & Maathuis, F. J. (2019). Plant salinity stress: many unanswered questions remain. *Frontiers in Plant Science*, 10, 80. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00080>
- Kokebie, D., Enyew, A., Masresha, G., Fentie, T., & Mulat, E. (2024). Morphological, physiological, and biochemical responses of three different soybean (*Glycine max* L.) varieties under salinity stress conditions. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1440445. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1440445>
- Liu, L., Wang, J., Zhang, Q., Sun, T., & Wang, P. (2023). Cloning of the soybean GmNHL1 gene and functional analysis under salt stress. *Plants*, 12(22), 3869. <https://doi.org/10.3390/plants12223869>
- Oñate Mancero, F. J., Bravo Calle, O., Vaca Zambrano, E., & Toapanta Santacruz, S. (2019). Semillas de siratro (*Macroptilium atropurpureum*) sometidas a escarificación química y térmica. *Ciencia Digital*, 3(3.1), 167-175. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.1.683>
- Van Zelm, E., Zhang, Y., & Testerink, C. (2020). Salt tolerance mechanisms of plants. *Annual review of plant biology*, 71, 403–433. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-100005>
- Wang, J., Zhou, M., Zhang, H., Liu, X., Zhang, W., Wang, Q., Jia, Q., Xu, D., Chen, H., & Su, C. (2024). A genome-wide association analysis for salt tolerance during the soybean germination stage and development of KASP markers. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1352465. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1352465>
- Xu, R., Yang, Q., Liu, Z., Shi, X., Wu, X., Chen, Y., Du, X., Gao, Q., He, D., Shi, A., Tao, P., & Yan, L. (2024). Genome-wide association analysis and genomic prediction of salt tolerance trait in soybean germplasm. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1494551. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1494551>
- Zhou, X., Tian, Y., Qu, Z., Wang, J., Han, D., & Dong, S. (2023). Comparing the salt tolerance of different spring soybean varieties at the germination stage. *Plants*, 12(15), 2789. <https://doi.org/10.3390/plants12152789>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.

