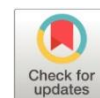


Tolerancia del cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.) al estrés salino en función del rendimiento germinativo

*Tolerance of the peanut crop (*Arachis hypogaea* L.) to saline stress as a function of germination performance*

- ¹ Adrian Alexander Ibarra Chevez  <https://orcid.org/0009-0006-0899-1517>
Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Machala, Ecuador.
Maestría en Agronomía, Mención Producción Vegetal
aibarra2@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: 14/05/2026

Revisado: 15/06/2026

Aceptado: 28/07/2026

Publicado: 18/08/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v8i3.708>

Cítese:

Ibarra Chevez, A. A., & Ajila Celi, G. E. (2026). Tolerancia del cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.) al estrés salino en función del rendimiento germinativo. AlfaPublicaciones, 8(3), 85–101. <https://doi.org/10.33262/ap.v8i3.708>



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:

Arachis hypogaea
L.; estrés salino;
NaCl;
germinación;
crecimiento inicial;
biomasa seca.

Resumen

Introducción. El maní (*Arachis hypogaea* L.) es una leguminosa oleaginosa de importancia mundial, altamente sensible a la salinidad del suelo. A nivel global, el 6-7% de la superficie terrestre enfrenta problemas de salinidad, afectando significativamente la agricultura, especialmente en América Latina donde 31 millones de hectáreas están comprometidas. La fase germinativa es particularmente susceptible al estrés salino, provocando desequilibrio osmótico y toxicidad iónica que comprometen procesos fisiológicos esenciales. **Objetivo.** El objetivo fue evaluar la tolerancia a la salinidad en semillas de maní bajo concentraciones de 0, 50 y 100 mM de NaCl, mediante porcentaje de germinación, longitud de raíz y tallo, y biomasa seca. **Metodología.** Se empleó un diseño completamente aleatorizado con la variedad INIAP 383 Pintado, utilizando seis repeticiones por tratamiento. Las semillas fueron desinfectadas y germinadas en papel Germitest bajo condiciones controladas ($25.8 \pm 2^{\circ}\text{C}$) durante 10 días. Se evaluaron porcentajes de germinación, crecimiento y análisis mineral. **Resultados.** Los resultados mostraron a 50 mM de NaCl, la germinación a los cinco días no difirió estadísticamente del control; sin embargo, al décimo día se redujo significativamente a 72.50%. La concentración de 100 mM provocó reducciones drásticas en todas las variables: germinación (50.33%), longitud radicular (3.49 cm), y biomasa, acompañadas de acumulación de Na^+ (2036.30 ppm) y disminución de la relación K^+/Na^+ (0.05). **Conclusión.** Se concluye que el maní presenta tolerancia moderada al estrés salino durante la germinación bajo 50 mM de NaCl, mientras que 100 mM compromete significativamente la germinación, crecimiento inicial y equilibrio iónico de las plántulas. **Área de estudio general:** Ciencias agronómicas. **Área de estudio específica:** Fisiología vegetal y tecnología de semillas. **Tipo de estudio:** Artículos originales.

Keywords:

Arachis hypogaea
L.; salt stress;
NaCl;
germination;
initial growth;

Abstract

Introduction. Peanuts (*Arachis hypogaea* L.) are an oilseed legume of global importance, highly sensitive to soil salinity. Globally, 6–7% of the Earth's land surface faces salinity problems, significantly impacting agriculture, especially in Latin America where 31 million hectares are affected. The germination

dry biomass.

phase is particularly susceptible to saline stress, causing osmotic imbalance and ionic toxicity that compromise essential physiological processes. **Objective.** The objective was to evaluate the salinity tolerance of peanut seeds under NaCl concentrations of 0, 50, and 100 mM, by measuring germination percentage, root and stem length, and dry biomass. **Methodology.** A completely randomized design was used with the INIAP 383 Pintado variety, with six replicates per treatment. The seeds were disinfected and germinated on Gernitest paper under controlled conditions ($25.8 \pm 2^{\circ}\text{C}$) for 10 days. Germination percentages, growth, and mineral analysis were evaluated. **Results.** The results showed that at 50 mM NaCl, germination at five days did not differ statistically from the control; however, by the tenth day it was significantly reduced to 72.50%. The 100 mM concentration caused drastic reductions in all variables: germination (50.33%), root length (3.49 cm), and biomass, accompanied by Na^{+} accumulation (2036.30 ppm) and a decrease in the $\text{K}^{+}/\text{Na}^{+}$ ratio (0.05). **Conclusion.** It is concluded that peanuts exhibit moderate tolerance to saline stress during germination under 50 mM NaCl, while 100 mM significantly compromises germination, initial growth, and seedling ionic balance. **General Area of Study:** Agronomic sciences. **Specific area of study:** Plant physiology and seed technology. **Type of study:** Original articles.

1. Introducción

El maní (*Arachis hypogaea* L) es una de las leguminosas oleaginosas más importantes del mundo, destacándose por su elevado contenido de aceite, proteínas y compuestos bioactivos (Gelaye & Luo, 2024). Este cultivo es especialmente sensible a la textura del suelo, prosperando en suelos franco arenosos con un pH idealmente entre seis y siete (Macias et al., 2024).

A nivel mundial, alrededor del 6-7% de la superficie terrestre enfrenta problemas relacionados con la salinidad, lo que impacta considerablemente la agricultura en áreas templadas, húmedas y subhúmedas (Meena et al., 2016). En América Latina la salinidad constituye una de las principales limitantes para la producción agrícola, afectando millones

de hectáreas, con impactos localizados especialmente en zonas costeras (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2024).

La fase germinativa de las leguminosas es especialmente susceptible al estrés salino, dado que este provoca un desequilibrio osmótico que complica la absorción de agua y afecta la viabilidad de las semillas (Atta et al., 2023; Patel et al., 2025). Este fenómeno limita la productividad agrícola en regiones áridas y semiáridas, donde la salinidad del suelo, principalmente por cloruro de sodio NaCl, provoca toxicidad iónica y estrés osmótico, afectando procesos fisiológicos esenciales como la absorción de nutrientes y el crecimiento (Zou et al., 2025).

La salinidad interfiere en la germinación al alterar la producción de giberelinas y aumentar el ácido abscísico, lo que a su vez afecta la permeabilidad de las membranas y el comportamiento del agua en las semillas (Uçarlı, 2021). Además, el estrés salino provoca un desequilibrio nutricional que limita el crecimiento de raíces y tallos (Mazón-Suástegui et al., 2020).

La salinidad del suelo puede generarse de manera natural por la erosión de rocas y la acumulación de sales solubles (Torres & Durango, 2016). Este estrés afecta no solo la transpiración y el crecimiento celular, sino también la germinación, que es crítica para el desarrollo inicial de la planta (Meloni et al., 2004; Shrivastava & Kumar, 2015).

En este contexto, el objetivo fue evaluar la tolerancia a la salinidad en semillas de maní con diferentes concentraciones 0, 50 y 100 mM de NaCl mediante el porcentaje de germinación, longitud de la raíz y tallo, así como la biomasa seca de las plántulas. Se planteó como hipótesis que el aumento en los niveles de salinidad influya notablemente en la reducción de la capacidad germinativa de las semillas, así como en el desarrollo de raíces, tallos y en la acumulación total de biomasa, generando variaciones entre los tratamientos analizados.

2. Metodología

Se realizó un estudio cuantitativo empleando un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos correspondientes a diferentes niveles de salinidad 0 mM (control), 50 mM y 100 mM de NaCl. Se realizaron seis unidades experimentales por tratamiento con un total de 18 unidades experimentales en estudio.

2.1. Material biológico y condiciones del ensayo

Se utilizó la variedad de maní (*Arachis hypogaea* L) INIAP 383 Pintado, las semillas fueron previamente seleccionadas visualmente para su homogeneidad del ensayo. El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, ubicada en el cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador.

2.2. Preparación de los tratamientos

Las semillas fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1% durante cinco minutos, seguidas de un enjuague con agua destilada, repitiendo este proceso cinco veces. La prueba

de germinación se realizó utilizando el papel Germitest, colocando 50 semillas por unidad experimental con soluciones salinas preparadas a partir de NaCl disuelto en agua destilada. En el tratamiento control se utilizó agua destilada, para los tratamientos salinos se disolvió 1.46 g para 50 mM y 2.92 g para 100 mM de NaCl en 500 mL de agua destilada como solución. Posterior se midió la conductividad eléctrica de las soluciones salinas preparadas:

- 0 mM conductividad eléctrica de $50 \mu\text{S cm}^{-1}$ (0.05 dS m^{-1})
- 50 mM conductividad eléctrica de $5320 \mu\text{S cm}^{-1}$ (5.32 dS m^{-1})
- 100 mM conductividad eléctrica de $10500 \mu\text{S cm}^{-1}$ (10.5 dS m^{-1})

La cantidad de solución aplicada fue equivalente a tres veces el peso del papel seco, que fue de 2.78 gramos en secos y 8.34 gramos en húmedo. Los rollos se colocaron en fundas herméticas de polipropileno y se mantuvieron en condiciones controladas, con una temperatura promedio de $25.8 \pm 2^\circ\text{C}$, humedad relativa del 51.75% y un fotoperiodo de 12 horas luz y 12 horas de oscuridad, durante un periodo de 10 días, para reducir la evaporación.

2.3. Variables evaluadas

Durante el ensayo se evaluaron las siguientes variables:

- Porcentaje de germinación a los cinco días: se registró el número total de semillas germinadas (definidas como aquellas con al menos un centímetro de radícula visible) y no germinadas en relación con el total de semillas en cada unidad y tratamiento.
- Porcentaje de germinación a los diez días: se consideraron las semillas que no germinaron a los cinco días, aplicando los mismos criterios que en la evaluación a cinco días.
- Longitud de la raíz: se seleccionaron 10 plántulas al azar de cada unidad experimental por tratamiento, midiendo la longitud de la radícula desde la base hasta la punta con una regla milimétrica, registrando los datos en centímetros.
- Longitud del tallo: se midió la longitud del tallo de estas 10 plántulas seleccionadas anteriormente, considerando la longitud desde la base radicular hasta el cotiledón, registrando los datos en centímetros.
- Masa seca de la raíz y parte aérea: se realizó una selección aleatoria de 10 plántulas por unidad experimental en cada tratamiento. Las plántulas fueron separadas en sus respectivas estructuras (raíz y parte aérea) y pesada en una balanza de precisión para obtener el peso fresco. Posteriormente, se secaron en estufa a 65°C durante 24 horas hasta alcanzar un peso constante. Las muestras se volvieron a pesar y los valores finales se utilizaron para calcular la masa seca, expresada en gramos por tratamiento.
- Análisis de concentración mineral: con base en la masa seca total, las muestras fueron enviadas a un laboratorio químico para determinar el porcentaje de concentración de Na^+ Cl^- y K^+ absorbidos en los tratamientos establecidos.

2.4. Análisis estadístico

El análisis de varianza (ANOVA) se realizó utilizando el software estadístico AgroEstat para determinar diferencias significativas entre tratamientos. Posteriormente, se aplicó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad ($p \leq 0.05$) para la comparación de medias. Las figuras se generaron con RStudio utilizando las librerías ggplot2 y gridExtra.

3. Resultados

Los resultados de este estudio proporcionan una visión integral sobre el impacto del estrés salino en el crecimiento y desarrollo de las plántulas de maní. A través de análisis cuantitativos, se examinan las variaciones en la germinación, la longitud de raíces y tallos, así como la acumulación de biomasa bajo diferentes concentraciones de NaCl, además, se evalúa la relación K^+/Na^+ . Estos hallazgos son cruciales para comprender como la salinidad influye en la fisiología del maní y para desarrollar estrategias efectivas de manejo agronómico.

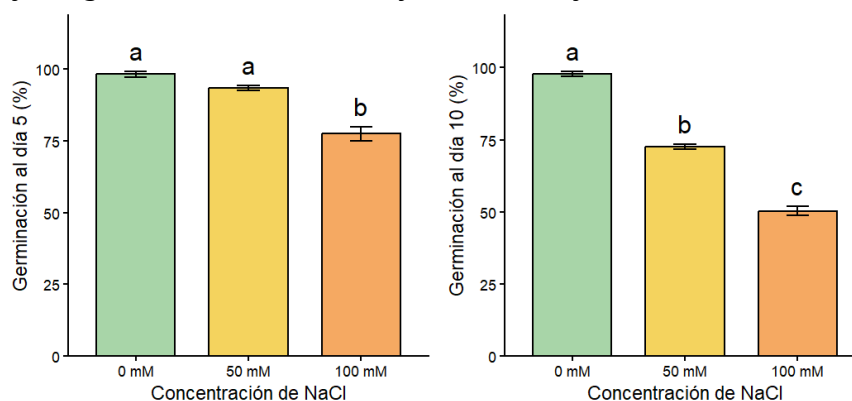
3.1. Porcentaje de germinación a los cinco y diez días

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos para la germinación a los cinco días ($F=47.70$; $P<0.0001$). El tratamiento control 0 mM NaCl presentó una germinación promedio de 98.33%, mientras que el tratamiento con 50 mM NaCl alcanzó 93.50%, sin diferencias estadísticas respecto al control según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Por el contrario, la aplicación de 100 mM NaCl redujo significativamente la germinación hasta 77.50%, difiriendo estadísticamente del resto.

En consecuencia, la germinación a los diez días disminuyó significativamente conforme aumentó la concentración de NaCl, como se muestra en la **Figura 1**, mientras que el tratamiento control alcanzó una germinación de 97.83%, las concentraciones de 50 y 100 mM, redujeron la germinación hasta el 72.50% y 50.33%. Disminuyendo un 25.9% y 48.6% del tratamiento control.

Figura 1

Porcentaje de germinación a los cinco y diez días bajo tres niveles de NaCl en maní



Nota: Las barras representan la media $\pm$ desviación estándar. Letras distintas sobre las barras indican diferencias estadísticas entre tratamientos según Tukey al 5 %.

3.2. Longitud de la raíz y tallo

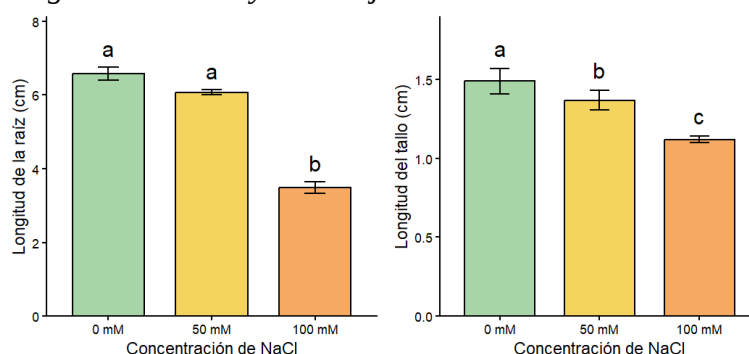
Para la longitud de la raíz también se observaron diferencias altamente significativas ($p<0.0001$). El tratamiento control 0 mM NaCl registró la mayor longitud radicular con 6.58 cm, seguido del tratamiento 50 mM NaCl con 6.07 cm, ambos estadísticamente similares,

mientras que el tratamiento 100 mM de NaCl presentó una reducción marcada con 3.49 cm, difiriendo significativamente del resto de tratamientos.

En cuanto a la longitud del tallo, presentó diferencias altamente significativas ($p=0.0011$). Como se observa en la **Figura 2** el tratamiento control 0 mM NaCl, mostró la mayor longitud de tallo con 1.49 cm, diferenciándose significativamente del resto. El tratamiento de 50 mM NaCl alcanzó 1.37 cm, mientras que 100 mM NaCl, alcanzó el menor valor con 1.12 cm, diferenciándose significativamente cada tratamiento evaluado.

Figura 2

Longitud de la raíz y tallo bajo tres niveles de NaCl en maní



Nota: Las barras representan la media $\pm$ desviación estándar. Letras distintas sobre las barras indican diferencias estadísticas entre tratamientos según Tukey al 5 %.

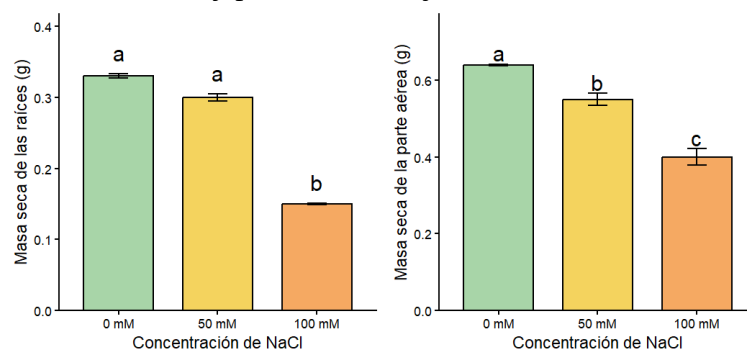
3.3. Masa seca de la raíz y parte aérea

La masa seca de la raíz presentó una disminución progresiva conforme aumentó la concentración de NaCl, registrándose el mayor valor en el tratamiento control 0 mM con 0.33 g, seguido por el tratamiento 50 mM con 0.30 g, sin diferencias estadísticas significativas entre ninguno, mientras que el tratamiento de 100 mM registró la menor acumulación de biomasa radical con 0.15 g, difiriendo significativamente entre los otros tratamientos.

Por su parte la masa seca de la parte aérea disminuyó de forma continua, conforme aumentó la concentración de NaCl, el tratamiento control 0 mM alcanzó la mayor acumulación de biomasa aérea con 0.64 g, mientras que los tratamientos sometidos a 50 y 100 mM NaCl, redujeron su biomasa a 0.55 g y 0.40 g como se evidencia en la **Figura 3**, demostrando diferencias altamente significativas entre cada uno de los tratamientos en estudio.

Figura 3

Masa seca de la raíz y parte aérea bajo tres niveles de NaCl en maní



Nota: las barras representan la media $\pm$ desviación estándar. Letras distintas sobre las barras indican diferencias estadísticas entre tratamientos según Tukey al 5 %.

3.4. Análisis mineral

La **Tabla 1** muestra los resultados del análisis mineral evidenciando que el incremento de la concentración de NaCl produjo un desbalance nutricional caracterizado por la acumulación progresiva de Na^+ y Cl^- y una marcada disminución del contenido de K_2O . Las concentraciones de 50 mM y 100 mM, en relación con el sodio incrementaron aproximadamente de 116% y 176% respecto al control. Esta elevada acumulación de Na^+ confirma que el incremento de la salinidad favoreció la absorción del sodio por las plantas.

Tabla 1

Resultados análisis mineral

Tratamientos	K_2O (%)	Cl^- (%)	Na^+ (ppm)
0 mM	0.57	0.29	738.30
50 mM	0.19	0.31	1595.10
100 mM	0.12	0.38	2036.30

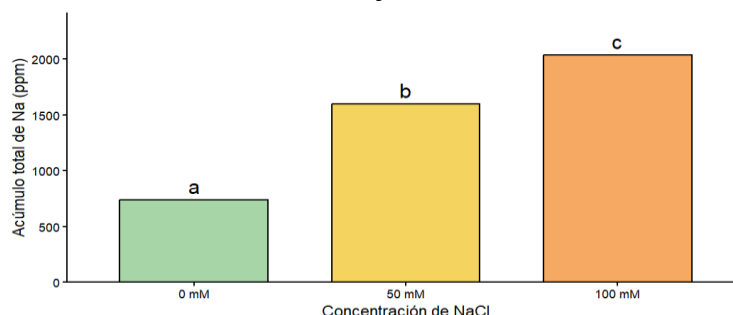
Nota: laboratorio de análisis agrícolas-NEMALAB S.A.

3.5. Concentración de sodio Na^+

El análisis de varianza indicó un efecto altamente significativo de las concentraciones de NaCl, sobre las semillas de maní, difiriendo estadísticamente entre cada uno de los tratamientos. En la **Figura 4** se observa el aumento progresivo de la concentración de sodio evidenciando que las semillas de maní absorbieron mayores cantidades de Na^+ acorde aumentó la dosis en el medio, el tratamiento control 0 mM obtuvo 738.30 ppm de Na^+ , mientras que los tratamientos 50 y 100 mM aumentaron a 1595.10 y 2036.30 ppm de Na^+ respectivamente.

Figura 4

Concentración de sodio Na^+ bajo tres niveles de NaCl en maní



Nota: letras distintas sobre las barras indican diferencias estadísticas entre tratamientos según Tukey al 5 %.

3.6. Relación K^+/Na^+

En este estudio, se observó una disminución significativa en la relación K^+/Na^+ a medida que aumentaba la concentración de NaCl. En el tratamiento control 0 mM, la relación fue de 0.64 ppm, indicando un equilibrio relativamente favorable entre estos dos iones esenciales. Sin embargo, en condiciones de 50 mM y 100 mM de NaCl, la relación disminuyó drásticamente a 0.10 y 0.05 ppm, respectivamente como se observa en la **Tabla 2**.

Tabla 2
Relación K^+/Na^+

Tratamientos	K^+/Na^+ (ppm)
0 mM	0.64
50 mM	0.10
100 mM	0.05

3.7. Tabla de resumen de las variables

La **Tabla 3** muestra el efecto del estrés salino en diferentes concentraciones de NaCl sobre las variables de crecimiento y desarrollo de las plántulas. Los resultados evidencian que el incremento en la concentración salina afectó negativamente todos los parámetros evaluados.

Tabla 3
Resumen de las variables

Variable	0 mM	50 mM	100 mM
Germinación a los cinco días (%)	98.33 ± 1.05 a	93.50 ± 0.92 a	77.50 ± 2.35 b
Germinación a los diez días (%)	97.83 ± 0.94 a	72.50 ± 0.92 b	50.33 ± 1.52 c
Longitud de la raíz (cm)	6.58 ± 0.18 a	6.07 ± 0.07 a	3.49 ± 0.16 b
Longitud del tallo (cm)	1.49 ± 0.08 a	1.37 ± 0.06 b	1.12 ± 0.02 c
Masa seca de la raíz (g)	0.33 ± 0.003 a	0.30 ± 0.005 a	0.15 ± 0.001 b
Masa seca de la parte aérea (g)	0.64 ± 0.002 a	0.55 ± 0.016 b	0.40 ± 0.022 c
Acúmulo total de Na^+ (ppm)	738.30 c	1,595.10 b	2,036.30 a
Relación K^+/Na^+ (ppm)	0.64	0.10	0.05

Nota: letras distintas indican diferencias estadísticas entre tratamientos según Tukey al 5 %.

4. Discusión

La presente discusión aborda la influencia del estrés salino sobre la germinación y el crecimiento del maní, centrándose en varios parámetros fisiológicos y nutricionales. Además, se integran hallazgos de investigaciones recientes que analizan los mecanismos de adaptación de las semillas bajo condiciones de salinidad y la relación K^+/Na^+ . Estos estudios subrayan la importancia de comprender los mecanismos fisiológicos y bioquímicos, proporcionando un marco para el desarrollo de estrategias agronómicas que optimicen el rendimiento del cultivo en ambientes salinos.

4.1. Porcentaje de germinación a los cinco y diez días

Los resultados obtenidos muestran un impacto significativo de la salinidad en la germinación a los cinco días, el tratamiento con 50 mM de NaCl a los cinco días mantuvo una germinación del 93.50% sin diferir del tratamiento control 0 mM, sugiriendo que en las primeras etapas las reservas internas de agua pueden compensar parcialmente la restricción osmótica, evidenciando que las semillas pueden activar mecanismo de defensa que les permiten manejar temporalmente el estrés osmótico y la toxicidad iónica.

Esto es coherente con los hallazgos de Zhang et al. (2025) quienes argumentan que las primeras etapas de germinación permiten a las semillas utilizar sus recursos internos de manera más efectiva bajo condiciones de estrés. También Cao et al. (2023) y Zoungrana et al. (2024) mencionan que la tolerancia parcial a esta concentración puede atribuirse a la movilización de compuestos osmoprotectores y la adaptación metabólica que las semillas pueden activar en respuesta a niveles moderadas de salinidad.

La discrepancia observada en las tasas de germinación a los cinco y diez días puede explicarse por la progresiva acumulación de Na^+ , que afecta la integridad celular y la actividad metabólica. La disminución del 25.9% en la germinación a diez días en condiciones de 50 mM y del 48.6% a 100 mM sugiere que la toxicidad iónica se convierte en un factor determinante a medida que las semillas continúan su desarrollo.

Los resultados están alineados con la literatura, que indican que el estrés salino puede inducir un estado de estrés hídrico y afectar negativamente la viabilidad de las semillas (Li et al., 2021). Por su parte Desheva et al. (2020) y Zou et al. (2025) indican que un nivel alto de salinidad provoca un estrés osmótico severo que limita la absorción de agua, interfiere con la actividad enzimática y afecta negativamente la viabilidad de las semillas.

4.2. Longitud de la raíz y tallo

La longitud de la raíz y del tallo mostró una clara disminución con el aumento de las concentraciones de NaCl. A 100 mM, la longitud de la raíz se redujo a 3.49 cm y la del tallo a 1.12 cm. Esta reducción se puede relacionar con la disminución del potencial hídrico en el medio, que limita la expansión celular y provoca toxicidad iónica (Luo et al., 2021). La acumulación de NaCl en los tejidos vegetales puede interferir con la absorción de agua y nutrientes, afectando el crecimiento inicial (Li et al., 2024).

La sensibilidad del sistema radicular al estrés salino se ha documentado en estudios previos, donde se observa que la salinidad afecta primero a las raíces debido al contacto directo con

la solución salina (Liu et al., 2023). Esto corrobora la idea de que el maní, aunque puede tolerar niveles moderados de salinidad, experimenta un crecimiento comprometido a concentraciones más altas debido a la toxicidad iónica y el estrés osmótico (Zhang et al., 2024).

4.3. Masa seca de la raíz y parte aérea

La masa seca de la raíz y de la parte aérea también disminuyó con el aumento de la salinidad. El tratamiento de 100 mM de NaCl mostró una reducción significativa en la masa seca con solo 0.15 g para la raíz y 0.40 g para la parte aérea. Este comportamiento se debe a que la salinidad limita la acumulación de materia seca al afectar el metabolismo, la absorción de agua y el uso de reservas energéticas (Sharma et al., 2017; Liang et al., 2024).

La disminución en la biomasa se relaciona con la restricción del crecimiento celular y la reducción de la división celular meristemática, lo que compromete el desarrollo del sistema radical y de la parte aérea (Meguekam et al., 2022). Estas conclusiones son coherentes con estudios previos que indican que el estrés salino inhibe el crecimiento y la acumulación de biomasa en maní, afectando procesos fisiológicos clave (Singh et al., 2021; Zhiliang et al., 2025).

4.4. Análisis mineral

Los resultados del análisis mineral revelaron una acumulación significativa de NaCl a medida que aumentó la salinidad, lo que provocó un desbalance nutricional y una reducción del contenido de K_2O .

La relación K^+/Na^+ se redujo drásticamente de 0.64 en el control a 0.10 y 0.05 en los tratamientos con salinidad. Este descenso refleja que a medida que aumentan los niveles de NaCl, la entrada de Na^+ por canales/transportadores poco selectivos, combinado con la saturación de los mecanismos de exclusión resulta en una acumulación progresiva de Na^+ en las partes aéreas y radicales, lo que reduce la disponibilidad relativa de K^+ por competencia en sitios de absorción y por desplazamiento intracelular.

Estudios han descrito que a altos niveles de Na^+ , la selectividad de transportadores de alta afinidad por K^+ se ve comprometida, favoreciendo la entrada de Na^+ y reduciendo la captación neta de K^+ (Ma et al., 2022).

La caída muy pronunciada de la relación K^+/Na^+ indica que el Na^+ esta suplantado funcionalmente al K^+ en consecuencia la regulación osmótica y turgencia celular, tienen menor capacidad para mantener gradientes iónicos. La literatura evidencia que relaciones tan bajas de K^+/Na^+ suelen asociarse a reducción de eficiencia fotosintética y biomasa (Wafula et al., 2024; Li et al., 2024).

La magnitud de la caída en K^+/Na^+ (84-92%) respecto al control sugiere que la tolerancia del material estudiado a estrés salino es limitada, relaciones tan bajas suelen asociarse con reducción del crecimiento y de la eficiencia fotosintética, además de un desbalance nutricional severo (Zhang et al., 2025).

4.5. Aporte del estudio y limitaciones

Este estudio contribuye a la comprensión de la tolerancia del maní al estrés salino, destacando la importancia de las concentraciones de NaCl en la germinación, el crecimiento inicial y la acumulación de biomasa. Entre las principales limitaciones del estudio se encuentran el desarrollo del ensayo bajo condiciones controladas de laboratorio, el uso de una sola variedad de maní, el número reducido de niveles de salinidad evaluados y la ausencia de validación en condiciones de campo. Por ello, futuros estudios deberían evaluar más genotipos y condiciones de cultivo representativas.

5. Conclusiones

- Las distintas concentraciones de NaCl afectaron negativamente el rendimiento germinativo y el crecimiento inicial de las plántulas de maní, con efectos proporcionales a la dosis aplicada. 50 mM de NaCl generó un impacto limitado durante los primeros cinco días, al final del periodo de evaluación se observó una disminución significativa en la germinación y en la acumulación de biomasa, evidenciando que estas variables son las más sensibles al estrés salino moderado.
- En contraste, la concentración de 100 mM de NaCl superó la capacidad de tolerancia del cultivo, provocando reducciones significativas en todas las variables evaluadas y un marcado desbalance nutricional, caracterizado por la acumulación de Na^+ y Cl^- junto con la disminución de K^+ , lo que comprometió el crecimiento, el vigor y el equilibrio iónico de las plántulas.
- En conjunto, estos resultados indican que la variedad del cultivo posee una tolerancia moderada al estrés salino durante la germinación, capaz de sostener un desempeño aceptable bajo condiciones de 50 mM de NaCl. Sin embargo, dicha tolerancia se ve claramente superada a 100 mM, concentración que compromete de manera integral el establecimiento y desarrollo inicial del cultivo.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran 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.

Adrian Alexander Ibarra Chevez asumió la conceptualización general del estudio, el diseño y la ejecución de la fase experimental, así como el levantamiento y la depuración de la base de datos. Asimismo, se encargó de examinar el análisis estadístico, interpretar los hallazgos obtenidos, redactar la primera versión del documento, diseñar los recursos visuales tablas y figuras, evaluar de forma crítica el manuscrito y autorizar su presentación definitiva.

Gabriela Eugenia Ajila Celi fue responsable de la dirección y metodología del proyecto, ofreciendo asesoría continua a lo largo del experimento. Adicionalmente, colaboró en la revisión del análisis y discusión de los resultados, realizó la edición académica y científica del texto, aportó observaciones críticas al contenido y otorgó su aprobación final para la publicación del artículo.

Divulgación de la delegación a la IA generativa

Los autores manifiestan haber utilizado el modelo de lenguaje ChatGPT y Gemini, como herramienta de apoyo para reorganizar y reformular editorialmente el manuscrito original, corregir el estilo 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 los autores y no fueron generados ni modificados por la herramienta. Los autores revisaron y aprobaron cada sección y asumen la responsabilidad íntegra del contenido final. La herramienta no figura como autores ni asume responsabilidad por los resultados.

Declaración presentada por: Adrian Alexander Ibarra Chevez

<https://panbibliotekar.github.io/gaidet-declaration/index.html>

9. Costos de financiamiento

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

10. Referencias bibliográficas

- Atta, K., Mondal, S., Gorai, S., Singh, A. P., Kumari, A., Ghosh, T., Roy, A., Hembram, S., Gaikwad, D. J., Mondal, S., Bhattacharya, S., Jha, U. C., & Jespersen, D. (2023). Impacts of saline stress on crops: Improving salt tolerance through genetic and molecular analyses. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1241736. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1241736>
- Cao, D., Ma, Y., Cao, Z., Hu, S., Li, Z., Li, Y., Wang, K., Wang, X., Wang, J., Zhao, K., Zhao, K., Qiu, D., Li, Z., Ren, R., Ma, X., Zhang, X., Gong, F., Jung, M. Y., & Yin, D. (2023). Coordinated mobilization of lipids during development and germination of peanut (*Arachis hypogaea* L.) seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(6), 3218–3230. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c06697>
- Desheva, G., Deshev, M., & Stamatov, S. (2020). Germination and early seedling growth characteristics of *Arachis hypogaea* L. under salinity (NaCl) stress. *Agriculture and Conspectus Scientificus*, 85(2), 113–121. https://www.researchgate.net/publication/341371403_Germination_and_Early_See

dling Growth Characteristics of Arachis hypogaea L under Salinity NaCl Stre ss

- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2024). La FAO presenta su primera gran evaluación mundial en 50 años sobre los suelos contaminados por sales. FAO. <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-launches-first-major-global-assessment-of-salt-affected-soils-in-50-years/es>
- Gelaye, Y., & Luo, H. (2024). Optimization of peanut (*Arachis hypogaea* L.) production: Genetic perspectives, climate adaptation, and efficient management practices: Systematic Review. *Plants*, 13(21), 2988. <https://doi.org/10.3390/plants13212988>
- Li, G., Guo, X., Sun, Y., Gangurde, S. S., Zhang, K., Weng, F., Wang, G., Zhang, H., Li, A., Wang, X., & Zhao, C. (2024). Physiological and biochemical mechanisms underlying the role of anthocyanin in acquired salt-stress tolerance in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Frontiers in Plant Science*, 15, 1368260. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1368260>
- Li, L., Li, Q., Davis, K. E., Patterson, C., Oo, S., Liu, W., Liu, J., Wang, G., Fontana, J. E., Thornburg, T. E., Pratt, I. S., Li, F., Zhang, Z., Zhou, Y., Pan, X., & Zhang, B. (2021). Response of root growth and development to nitrogen and potassium deficiency as well as microRNA-mediated mechanism in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Frontiers in Plant Science*, 12, 695234. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.695234>
- Liang, Q., Tan, D., Chen, H., Guo, X., Afzal, M., Wang, X., Tan, Z., & Peng, G. (2024). Endophyte-mediated enhancement of salt resistance in *Arachis hypogaea* L. by regulation of osmotic stress and plant defense-related genes. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1383545. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1383545>
- Liu, Y., Lu, J., Cui, L., Tang, Z., Ci, D., Zou, X., Zhang, X., Yu, X., Wang, Y., & Si, T. (2023). The multifaceted roles of arbuscular mycorrhizal fungi in peanut responses to salt, drought, and cold stress. *BMC Plant Biology*, 23(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04053-w>
- Luo, L., Wan, Q., Zhang, K., Zhang, X., Guo, R., Wang, C., Zheng, C., Liu, F., Ding, Z., & Wan, Y. (2021). AhABI4 proteins negatively regulate the salt-stress response in peanut. *Frontiers in Plant Science*, 12, 741641. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.741641>
- Ma, L., Liu, X., Lv, W., & Yang, Y. (2022). Molecular mechanisms of plant responses to salt stress. *Frontiers in Plant Science*, 13, 934877. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.934877>
- Macias Sornoza, A. J., Moreira Mendoza, J. M., & Muentes Rodríguez, R. B. (2024). Macronutrientes en el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.): una revisión. *Revista Científica Agroindustria, Sociedad y Ambiente (A.S.A.)*, 2(23), 59.78. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14433147>

- Mazón-Suástegui, J. M., Ojeda-Silvera, C. M., García-Bernal, M., Batista-Sánchez, D., & Abasolo-Pacheco, F. (2020). Homeopathy increases tolerance to NaCl stress in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Quivicán. *Terra Latinoamericana*, 38(1), 149-163. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.584>
- Meena, H. N., Meena, M., & Yadav, R. S. (2016). Comparative yield performance of different seed types on peanut yield potential under saline irrigation. *Field Crops Research*, 196, 305–310. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.06.006>
- Meguekam, L. T., Zamfirache, M. M., Taffouo, V. D., & Jităreanu, C. D. (2022). Effect of sodium chloride on physiological and biochemical traits and the inhibition of mineral nutrition of peanut varieties under large temperature fluctuations. *Plant Stress*, 6(100123), 100123. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2022.100123>
- Meloni, D. A., Gulotta, M. R., Martínez, C. A., & Oliva, M. A. (2004). The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 16(1), 39–46. <http://www.scielo.br/j/bjpp/a/Xqjx3WBDbTTD7DMJ97BRzLD/?lang=en>
- Patel, M., Fatnani, D., & Parida, A. K. (2025). Mineral nutrient acquisition, antioxidative defense, and metabolomic responses in divergent genotypes of *Arachis hypogaea* L. (peanut) for salinity resilience at early seedling stage. *Plant Science: An International Journal of Experimental Plant Biology*, 359(112674), 112674. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2025.112674>
- Sharma, D., Joshi, A., Jain, D., Singh, P., & Choudhary, R. (2017). Biochemical characterization of oil from peanut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes. *International Journal of Plant & Soil Science*, 15(5), 1–5. <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2017/33492>
- Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22(2), 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001>
- Singh, M., Nara, U., Kumar, A., Choudhary, A., Singh, H., & Thapa, S. (2021). Salinity tolerance mechanisms and their breeding implications. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 19(1), 173. <https://doi.org/10.1186/s43141-021-00274-4>
- Torres Pérez, M., & Durango Ballesteros, E. (2019). Tolerancia al estrés salino en plantas de ñame espinoso (*Dioscorea rotundata*. Poir). In book *Biotecnología aplicada al sector agropecuario en el departamento de Sucre*, Capítulo 5. *CECAR Books*. <https://libros.cecar.edu.co/index.php/CECAR/catalog/download/52/115/1621?inline=1>
- Uçarlı, C. (2021). Effects of salinity on seed germination and early seedling stage. In S. Fahad, S. Saud, Y. Chen, C. Wu, & D. Wang (Eds.), *Abiotic Stress in Plants*. IntechOpen. <https://www.intechopen.com/chapters/73200>

- Wafula, K., Kamau, N., & Odhiambo, O. (2024). Impact of soil salinity on nutrient acquisition and physiological performance of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *International Journal of Research in Agronomy*, 7(8), 226–229. <https://doi.org/10.33545/2618060X.2024.v7.i8c.5218>
- Zhang, N., Bai, B., Zuo, S., Zhang, H., Ren, J., Lv, Z., Zhou, D., & Yu, H. (2025). Comparative analysis of physiological and co-expression networks reveals potential hub genes and adaptive mechanisms responding to NaCl stress in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *BMC Plant Biology*, 25(1), 294. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06311-5>
- Zhang, N., Zhang, H., Ren, J., Bai, B., Guo, P., Lv, Z., Kang, S., Zhao, X., Yu, H., & Zhao, T. (2024). Characterization and comprehensive evaluation of phenotypic and yield traits in salt-stress-tolerant peanut germplasm for conservation and breeding. *Horticulturae*, 10(2), 147. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10020147>
- Zhiliang, Z., Dong, T., Tao, L., Yucui, W., Xiaohua, Z., Ping, C., & Ming, Y. (2025). Biochar can promote the growth of peanuts in saline alkali soil by enhancing peanut resistance and improving soil properties. *Scientific Reports*, 15(1), 40232. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-24098-1>
- Zou, K., Kang, Y. J., Ha, B.-K., Kim, K. D., Kim, K.-S., & Jun, T.-H. (2025). Genome-wide association and RNA-seq analyses reveal genes linked to salt stress in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Frontiers in Plant Science*, 16(1699469), 1699469. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1699469>
- Zoungrana, M., Moumouni, K., Sekone, Z., Sabarikagni, S. S., Sanou, J., & Bationo, P. (2024). Early detection of salinity tolerance level of five peanut genotypes during seed germination. *Revista de Biociencias Aplicadas*, 194, 20570–20581. <https://www.m.elewa.org/journals/wp-content/uploads/2024/02/3.Zoungrana.pdf>

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**.

