



Efecto de la salinidad sobre la germinación de cultivares de granos en condiciones *in vitro*

Salinity effect on the germination of grain cultivars under *in vitro* conditions

^{ID}Marisel Ortega García*, ^{ID}Yoania Ríos Rocafull,
^{ID}Lianne Fernández Granda, ^{ID}José Francisco Gil Vidal

Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", INIFAT. Calle 188 No. 38754 entre 397 y Linderos, Santiago de las Vegas, Boyeros. La Habana Cuba.

RESUMEN: La salinización de los suelos en la actualidad es uno de los problemas más graves que enfrenta la agricultura, ya que afecta significativamente la producción de alimentos; por esta razón se hace necesario el estudio de cultivares tolerantes a estas condiciones para su inclusión a los esquemas productivos del país. El estudio tuvo como objetivo seleccionar por su tolerancia a la salinidad, diferentes cultivares de granos: garbanzo (*Cicer arietinum* L.); frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.); frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp); trigo (*Triticum aestivum* L.) y guisante (*Pisum sativum* L.). Se estudió en condiciones *in vitro* la tolerancia de 15 cultivares de granos frente a diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) (50, 150 y 200 mM), para este fin se determinó: el porcentaje de germinación (PG) y la velocidad de germinación (VG) de las semillas según describe Maguire. De los cultivos estudiados se seleccionaron por su tolerancia a 200 mM de NaCl, los cultivares de frijol PRL-8, Caujerí-2170 y San Francisco-219, de caupí INIFAT-93, INIFAT-94 e INIFAT-202 y de trigo I-399, al mostrar los mejores resultados en cuanto a porcentaje de germinación e índice de velocidad en la germinación, por lo que constituyen materiales promisorios para ser utilizados en agroecosistemas afectados por esta condición. Todos ellos mostraron diferencias en el índice de velocidad de germinación de semillas.

Palabras clave: agroecosistemas, cultivares, tolerancia, salinidad, materiales promisorios.

ABSTRACT: Soil salinization is currently one of the most serious problems facing agriculture, since it significantly affects food production; for this reason, it is necessary to study cultivars tolerant to these conditions for their inclusion in the country's production schemes. The study aimed to select different grain cultivars for their tolerance to salinity: chickpea (*Cicer arietinum* L.); common bean (*Phaseolus vulgaris* L.); cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp); wheat (*Triticum aestivum* L.) and pea (*Pisum sativum* L.). The tolerance of 15 grain cultivars to different concentrations of sodium chloride (NaCl) (50, 150 and 200 mM), was studied under *in vitro* conditions. For this purpose, the following were determined: the germination percentage (PG) and the germination speed index (IVG) of the seeds as described by the Maguire index. Of the crops studied the bean cultivars PRL-8, Caujerí-2170 and San Francisco-219, of cowpea INIFAT-93, INIFAT-94 and INIFAT-202 and of wheat I-399 were selected by their tolerance to 200 mM of NaCl, by showing the best results in terms of germination percentage and germination speed index, which is why they constitute promising materials to be used in agroecosystems affected by this condition. All of them showed differences in the seed germination speed index.

Key words: agroecosystems, cultivars, tolerance, salinity, promising materials.

*Autor para correspondencia. mariselortega9@gmail.com

Recibido: 30/01/2026

Aceptado: 30/03/2026

Conflicto de intereses: No existe conflicto de intereses entre los autores.

Contribución de autores: Conceptualización, Supervisión, Redacción - borrador original: Marisel Ortega García, José Francisco Gil Vidal. Investigación, Redacción - revisión y edición, Curación de datos: Marisel Ortega García. Metodología: Marisel Ortega García, Yoania Ríos Rocafull, Lianne Fernández Granda.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la crisis climática y alimentaria nos ha llevado a replantear nuestra alimentación y sus efectos en el ambiente, ya que el cambio climático provoca una serie de fenómenos desfavorables para el adecuado desarrollo de la agricultura (1). Por otro lado, la escasez de nutrientes fundamentales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en los suelos con estas características limita aún más su fertilidad (2). Dentro de ellos la salinización de los suelos constituye uno de los problemas más graves que enfrenta la agricultura, ya que afecta significativamente su productividad, lo que hace difícil la supervivencia de las plantas y otras formas de vida por los altos niveles de conductividad eléctrica, exceso de sales iónicas y bajo potencial hídrico (3). Estos efectos provocan también daños irreparables, que limitan de manera total o parcial el adecuado crecimiento de los cultivos (4).

Se estiman que existen aproximadamente 830 millones de hectáreas (ha) con problemas de salinización, lo que es equivalente a más del 6% del área total mundial y aproximadamente el 20% del área cultivable total (5,6).

En Cuba, el 14,9 % de la superficie agrícola está afectada por la salinidad y sodicidad, de ellas el 15 % o más del área bajo riego corre el peligro de salinizarse (7), por lo que el estrés salino se considera una amenaza creciente para el desarrollo agrícola del país.

Una solución parcial a los problemas de salinización de los suelos, es el empleo de cultivos y variedades más tolerantes a la salinidad, capaces de activar mecanismos de defensa que les permite mantener su funcionamiento y adaptarse mejor a condiciones adversas (8). Así mismo tiempo, aislar genes responsables de la tolerancia a este estrés y modificar los genomas de las plantas para una mayor productividad en zonas salinas (9). De ahí la necesidad de aportar conocimientos sobre la situación actual y perspectivas de la agricultura orientada a la producción de alimentos con énfasis en la caracterización de los escenarios productivos (10) y los vínculos entre productores para el tránsito necesario hacia los sistemas agroalimentarios sostenibles y locales (11).

Por esta razón, se emplean criterios de selección de genotipos tolerantes como indicador para su establecimiento en estas condiciones (9). No obstante, el trabajo con cultivares con estas características en condiciones de campo es una tarea compleja y costosa, por los niveles de semillas a emplear para este fin. Sin embargo, evaluar la respuesta de cultivares desde los primeros estadios de desarrollo, permite mayor efectividad para realizar una selección de los mismos y sus índices de tolerancia al estrés salino (12).

En concordancia con todos estos fenómenos, está la necesidad de transitar hacia dietas más saludables, diversificadas y sostenibles relacionadas con los sistemas actuales de producción y consumo de alimentos, cada vez más creciente. En este empeño los granos juegan un papel clave por su aporte de energía y nutrientes a nivel global y los beneficios para la salud (13).

Por todos estos aspectos el presente estudio tiene como objetivo seleccionar por su tolerancia a la salinidad diferentes cultivares de granos: garbanzo (*Cicer arietinum* L.); frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.); frijol caupi (*Vigna unguiculata* L.); trigo (*Triticum aestivum* L.) y guisante (*Pisum sativum* L.), para su inclusión en programas de producción de alimentos en el país en áreas afectadas por este tipo de estrés.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico

En el estudio se utilizaron 15 cultivares: Garbanzo (*Cicer arietinum* L.): Nacional-29 (N-29), Nacional 5-HA (N5-HA), Nacional 4x2 (4x2); Frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.): PRL-8, Caujeri 2170, San Francisco-219; Caupi (*Vigna unguiculata* L.) Walp: INIFAT-93, INIFAT-94, INIFAT-202; Trigo (*Triticum aestivum* L.): Cuba C 204, I 399, RM 04, RM 27 y Guisante (*Pisum sativum* L.): Agro C-38, Afila 44 y Afila 64. Procedentes del Banco Central de Germoplasma del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", INIFAT.

Ensayo para evaluar tolerancia a diferentes valores de cloruro de sodio (NaCl) bajo condiciones controladas

Las semillas de cada uno de los granos utilizados en el experimento se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 4 % durante 15 min y se lavaron tres veces con agua destilada estéril. La unidad experimental correspondió a las placas de Petri de vidrio de 140 cm de diámetro y 20 cm de alto, con papel de filtro humedecido con agua destilada sobre el fondo de las placas. Se emplearon 25 semillas (unidad experimental) de cada cultivar en el interior de las placas. Se aplicaron a cada placa 25 mL de distintas soluciones de cloruro de sodio (NaCl) (50, 150 y 200 mM) (milimoles), y un tratamiento Testigo con 0 mM donde solamente se adicionó agua destilada estéril. Las concentraciones de NaCl utilizadas en el estudio (50, 150 y 200 mM) se seleccionaron con base a trabajos previos que describen la respuesta de la germinación a un gradiente de salinidad. Niveles cercanos a 50 mM se asocian con un estrés leve, en el que la germinación de la mayoría de las especies se mantiene por encima del 70 %, permitiendo detectar diferencias sutiles entre genotipos. En cambio, concentraciones de 150 mM se consideran niveles de estrés moderado-alto, donde se registran reducciones marcadas en el porcentaje e índice de velocidad de germinación, pero con datos suficientes para el análisis estadístico de la tolerancia. Valores de 200 mM de NaCl se describen como salinidad severa, en los cuales se observan disminuciones superiores al 80-90 % en la germinación y en el crecimiento inicial de raíz e hipocótilo, así como importantes alteraciones en el balance iónico (incremento de Na^+ y disminución de K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+}), lo que permite evaluar la respuesta bajo condiciones extremas de estrés (14). Las placas fueron dispuestas siguiendo un arreglo experimental completamente aleatorizado, a una temperatura de 25 °C y una humedad del 80%. Por cada variante se realizaron tres repeticiones.

Se contaron las semillas germinadas diariamente desde su establecimiento hasta la estabilización, con los datos obtenidos se determinó:

Porcentaje de germinación (PG): El experimento se controló durante 15 días y se consideró como semillas germinadas la aparición de la radícula mayor o igual a 2 mm. Para el cálculo de los porcentajes de germinación por tratamiento donde se empleó la ecuación 1 referida (15).

$$PG(\%) = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas sembradas}} \times 100$$

Velocidad de Germinación (VG): calculo según la ecuación 2 referida (16), dónde: VG, velocidad de germinación; Gi, número de semillas germinadas en el tiempo i; Ni, tiempo i (horas).

$$VG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_i}{N_i} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

$$= \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{N_i}$$

Diseño experimental y análisis estadístico

Los resultados (PG, IVG) fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) con pruebas de Rangos Múltiples de Duncan (5 % de probabilidad de error) para detectar las diferencias entre las medias de los tratamientos. Se empleó para ello el Programa STATGRAPHIS Plus versión 5.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

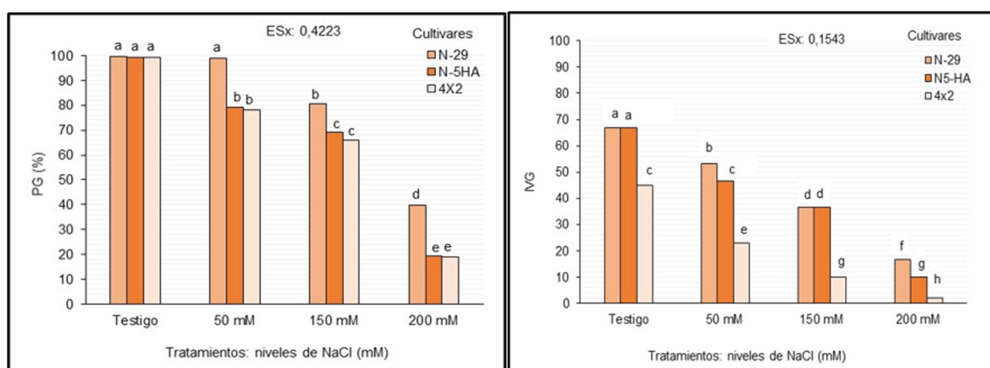
Al analizar los resultados obtenidos, se apreciaron diferencias significativas entre cultivos y especies, con una reducción en los porcentajes de germinación en algunos genotipos a medida que aumentaron los niveles de salinidad. En sentido general en el porcentaje de germinación (PG), en el tratamiento con 0 mM casi todos los cultivares estudiados mostraron un 100 % de germinación, lo que demuestra la

calidad de las semillas utilizadas en el ensayo. En el índice de velocidad de germinación (IVG), se destacan los cultivares de frijol: PR-L8 y de trigo: RM-27 con un 90 % en este indicador en el tratamiento con 0 mM.

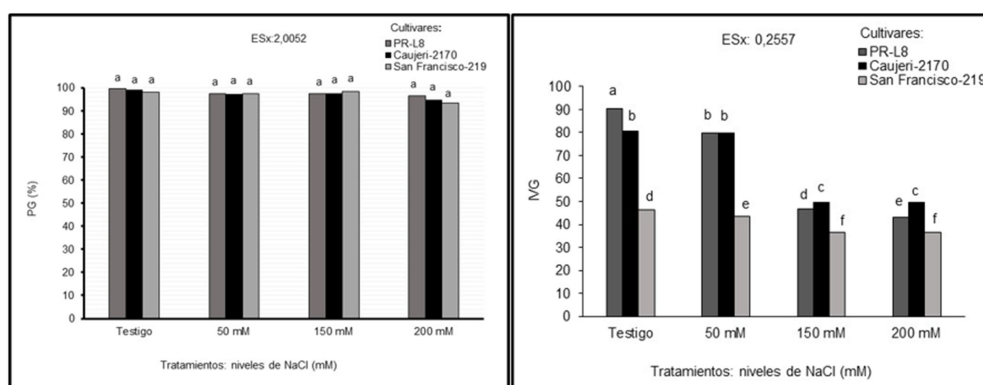
En la (Figura 1) se muestran los resultados en el cultivo del garbanzo (*Cicer arietinum* L.), en cuanto a porcentaje de germinación (PG), en el mismo no se aprecian diferencias significativas entre el control y los 50 mM de cloruro de sodio (NaCl), para el cultivar Nacional-29 con respecto al resto, tendencia que se mantiene a las concentraciones de 150-200 mM de NaCl para el mismo. La respuesta Nacional-5HA y 4X2 tuvo un comportamiento similar, aunque con valores más bajos que el Nacional-29 tanto en porcentaje de germinación como en índice de velocidad de germinación para ambos casos.

En el garbanzo se destacó el cultivar Nacional-29 en porcentaje de germinación y el índice de velocidad de germinación (IVG) con respecto al resto, aunque su mejor comportamiento fue a los valores de concentración entre 50-150 mM. Sin embargo, otros autores describen la sensibilidad a la salinidad de este cultivo, lo que afecta negativamente no solo su germinación sino también los procesos reproductivos de este (17). Se plantea que este estrés disminuye la floración y fructificación, lo que se traduce en afectaciones en el proceso de fertilización del óvulo. No obstante, existen diferencias entre genotipos de garbanzo en la tolerancia a la salinidad (18), aspecto que también se demuestra en los resultados obtenidos en el presente estudio, en las variables evaluadas, lo que deja clara la necesidad de contar con cultivares con estos atributos.

En la (Figura 2) se expresan los resultados alcanzados en el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Al evaluar el porcentaje de germinación (PG), no se aprecian diferencias significativas entre el control y los tres niveles de cloruro de sodio estudiados. No obstante, en el índice de velocidad de germinación (IVG) a 50 mM se destacan los cultivares PRL-8 y Caujeri-2170, aunque, sobresale Caujeri-2170 en los tres niveles de sal estudiados. Al valorar los resultados en frijol se aprecia que los tres cultivares muestran resultados alentadores para continuar estudios.



Letras iguales en la misma columna no difieren significativamente entre sí, según la prueba de Rangos Múltiples de Duncan, $\alpha=0,05$, $n=25$
Figura 1. Porcentaje de germinación (PG) e Índice de velocidad de germinación (IVG) de cultivares de garbanzo (*Cicer arietinum* L.): N-29, N5-HA y 4x2, en presencia de diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) (50, 150 y 200 mM) y un testigo absoluto



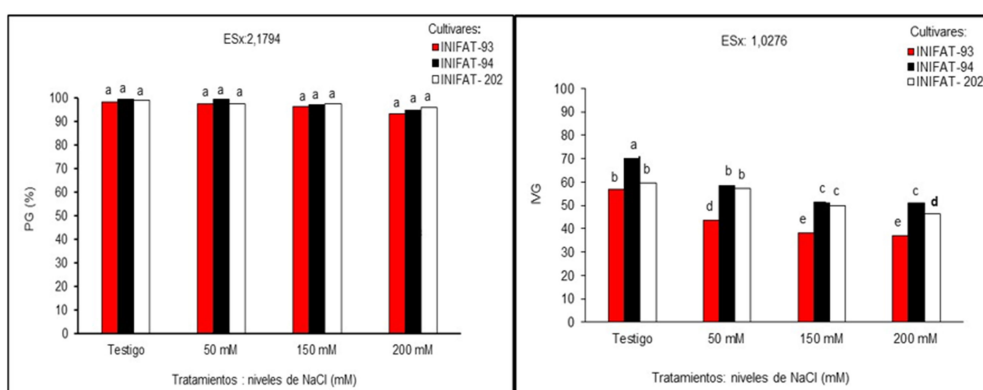
Letras iguales en la misma columna no difieren significativamente entre sí, según la prueba de Rangos Múltiples de Duncan, $\alpha=0,05$, $n=25$
Figura 2. Porcentaje de germinación (PG) e Índice de velocidad de germinación (IVG) de cultivares de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): PRL-8, Caujeri 2170, San Francisco-219, en presencia de diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) (50, 150 y 200 mM) y un testigo absoluto

En este cultivo otros autores encontraron que al emplear sales sódico-alcálinas se limita el crecimiento de la raíz debido a procesos hidrolíticos, donde el Na^+ que actúa en el ámbito de meristemos, destruye las células vegetales e inhibe la síntesis de hormonas, lo que afecta el crecimiento de las plantas (19).

Referente a esto, en otros estudios donde se evaluaron concentraciones salinas similares a nuestra investigación en dos cultivares de frijol, se demostró la disminución no solo del porcentaje, sino también de la velocidad de germinación, al incrementar las concentraciones de este elemento (20). Al evaluar la respuesta a la salinidad inducida con NaCl, sulfato de sodio (Na_2SO_4) y bicarbonato de sodio (NaHCO_3) en frijol se observó como la biomasa fresca disminuyó con NaHCO_3 , mientras que el NaCl la incrementó (19). Estos estudios dan a conocer las disímiles respuestas que se pueden obtener en este cultivo y la importancia de nuevas investigaciones en este campo, lo que se demuestra en las potencialidades de los tres cultivares evaluados y la posible inclusión de estos en suelos muestrén afectados por salinidad.

En la Figura 3 en los resultados en el cultivo del caupi, para el porcentaje de germinación (PG), la tendencia fue muy similar a la que se obtuvo en el frijol, ya que no se aprecian diferencias significativas entre los cultivares INIFAT-93, INIFAT-94 e INIFAT-202 lo que demuestra las potencialidades de estos para su estudio frente a diferentes concentraciones salinas. En el índice de velocidad de germinación (IVG) en los niveles de 50-150 mM NaCl se destacan INIFAT-94 e INIFAT-202 sin diferencias estadísticas entre ellos, y consecutivamente INIFAT-93, aunque es digno de resaltar los resultados positivos de los tres cultivares en sentido general. Este tipo de trabajos en condiciones de laboratorio favorece el ahorro de semillas, y permite, además, evaluar diferentes especies en un periodo corto de tiempo como base para su inclusión en sistemas productivos.

Para el caupi, otras investigaciones describen el efecto varietal tanto en el porcentaje de germinación como en el índice de velocidad de germinación o emergencia del cultivo, donde, además, se observan diferencias en el largo de la raíz, aspecto que sugiere la movilización de las sustancias de reservas o traslocación de estas en la etapa de crecimiento del cultivo (21).



Letras iguales en la misma columna no difieren significativamente entre sí, según la prueba de Rangos Múltiples de Duncan, $\alpha=0,05$, $n=25$
Figura 3. Porcentaje de germinación (PG) e Índice de velocidad de germinación (IVG) de cultivares de Caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp): INIFAT-93, INIFAT-94, INIFAT-202, en presencia de diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) (50, 150 y 200 mM) y un testigo absoluto

En la **Figura 4** en los resultados en el cultivo del trigo en el porcentaje de germinación (PG), no se muestran diferencias significativas entre el testigo y 50 mM de NaCl en los cultivares estudiados (Cuba C-204, I-399, RM-04 y RM-27). La misma tendencia se apreció en el nivel 150 y 200 mM con el cultivar I-399, con resultados afines a los encontrados tanto en el testigo como en el nivel 50 mM, lo que demuestra la superioridad de este cultivar con respecto al resto. De igual manera sucede con el índice de velocidad de germinación (IVG) donde se destaca igualmente el mismo cultivar.

Al respecto investigadores evaluaron 400 cultivares de trigo de diferentes especies durante la germinación y estadio de plántulas, en estos estudios hallaron una alta diversidad genética que les permitió seleccionar los que mostraron mayor tolerancia y susceptibilidad a frente a tenores salinos (22). Así mismo, en otros estudios se sometieron a distintos niveles de salinidad veinte genotipos, lo que permitió comprobar que la exclusión del Na se relaciona con una mejora iónica (relación Na, K y Na/K) así como con los rasgos fisiológicos presentes en diferentes genotipos de trigo bajo estas condiciones de estrés. Algunos de ellos en presencia de altas concentraciones de NaCl manifestaron problemas de crecimiento en la arquitectura de las raíces, los brotes, reducción del área foliar, desarrollo reproductivo y maduración (8).

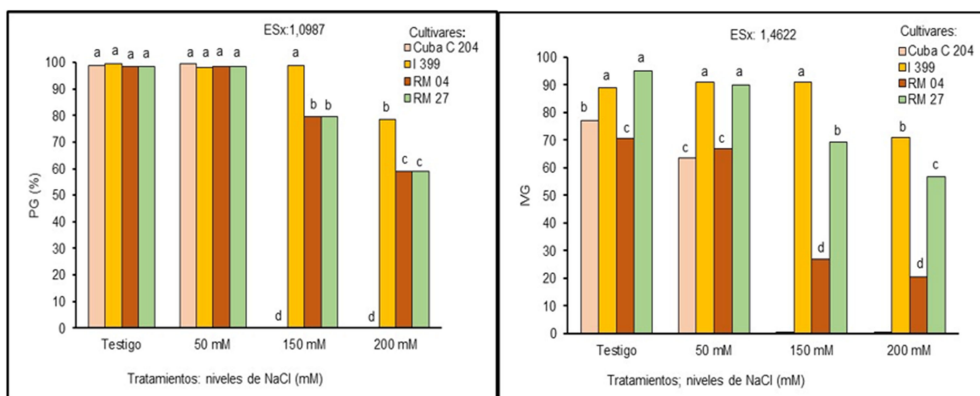
De igual forma, puntualizan como la respuesta a la germinación fue de las variables con mayor grado de diferenciación frente a este tipo de estrés (23). Igualmente plantean que el estrés salino afecta las relaciones hídricas de las plantas a través del estrés osmótico e hídrico, razón por la cual algunas plantas desarrollan el proceso de ajuste osmótico para conservar la turgencia celular y garantizar el crecimiento, transporte, acumulación y compartimentación de los iones (21). Todos estos estudios apoyan los resultados obtenidos en la presente investigación y la importancia de realizarlos.

En la **Figura 5** en el cultivo del guisante en el porcentaje de germinación (PG), los tres cultivares mostraron excelentes resultados a 50 mM de NaCl, mientras que a 150 mM se destaca el cultivar Afila 44 con más del 70 % y posteriormente

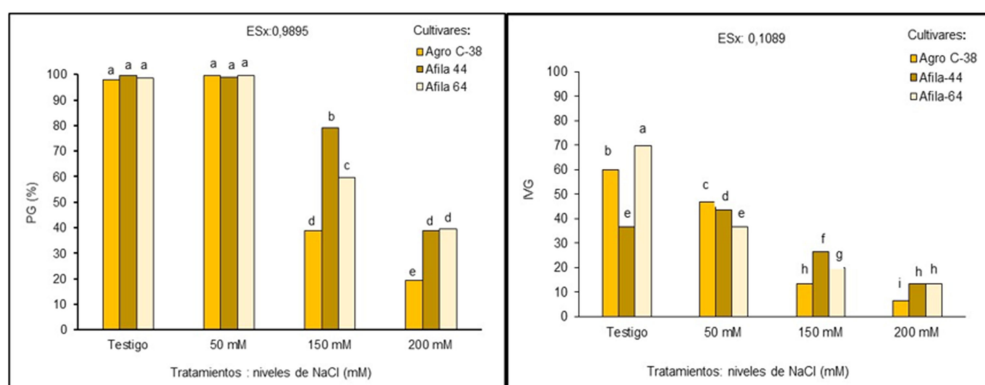
Afila 64 con valores más bajos 60 %. En tanto a 200 mM con solamente 40% Afila 44 y Afila 64 muestran la misma tendencia sin diferencias significativas entre ellos, por lo que no se proponen para nuevos estudios.

En los guisantes se describe como al ser expuestos a concentraciones de sal a corto plazo se incrementa el Na^+ en la savia del xilema en plantas no aclimatadas, pero si están adaptadas reducen este flujo y mantienen mayor K^+/Na^+ en xilema, se altera el funcionamiento de PSII y aumenta la generación de ROS en hojas bajo luz, obligando a activar defensas antioxidantes. Estos ajustes coordinados (control de flujo de iones, secuestro de Na^+ , ajuste osmótico y antioxidante) forman parte de los rasgos multifactoriales que determinan la tolerancia o sensibilidad a salinidad en guisantes. (24).

En sentido general en granos se plantea que al incrementar los niveles de NaCl se provoca un retardo en la germinación de las semillas, al igual que ocurre en otros indicadores como la longitud de la raíz y la altura de las plantas (4). Refieren igualmente otros estudios como el ión sodio (Na^+) es el responsable de la muerte inducida por estrés salino (25) y como las altas concentraciones de Cl^- y Na^+ en el suelo inhiben el crecimiento de las plantas, ya que afectan la absorción de agua y procesos bioquímicos, como la síntesis de proteínas y la asimilación de dióxido de carbono y nitratos (4). Todos estos aspectos provocan pérdidas sustanciales en el crecimiento y desarrollo de las plantas (26), lo que afecta de igual manera los rendimientos (27). Se explica así mismo, como la alta concentración de estos compuestos en el suelo, el agua y el aire, genera desbalance en los ciclos biogeoquímicos y las cadenas tróficas de las zonas agrícolas, lo que provoca la disminución de la capacidad productiva y la dificultad para controlar plagas, enfermedades y malezas que han generado resistencia (2). Estudios de este tipo demuestran también, el papel de los sistemas de defensa enzimáticos y no enzimáticos en la tolerancia a la salinidad en cultivares que lograron crecer óptimamente a 100 mM de NaCl (8) y la importancia del estudio de genotipos que toleren condiciones estresantes (28).



Letras iguales en la misma columna no difieren significativamente entre sí, según la prueba de Rangos Múltiples de Duncan, $\alpha=0,05$, $n=25$
Figura 4. Porcentaje de germinación (PG) e índice de velocidad de germinación (IVG) de los cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) Cuba C 204, I 399 y RM 04, en presencia de diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) (50, 150 y 200 mM) y un testigo absoluto



Letras iguales en la misma columna no difieren significativamente entre sí, según la prueba de Rangos Múltiples de Duncan, $\alpha=0,05$. $n=25$

Figura 5. Porcentaje de germinación (PG) e Índice de velocidad de germinación (IVG) de cultivares de Guisante (*Pisum sativum* L): Agro C-38, Afila 44 y Afila 64, en presencia de diferentes concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) (50, 150 y 200 mM) y un testigo absoluto

Al analizar los resultados obtenidos en sentido general en cuanto a la germinación y el índice de velocidad de germinación de las semillas con los tenores salinos estudiados, se aprecian diferencias entre cultivos y especies, con una reducción en los porcentajes de germinación en algunos genotipos a medida que aumentaron los niveles de salinidad. Lo que nos permitió concluir el efecto negativo que ejercen los altos tenores de sal en el suelo y la importancia de manejar cultivares que logren tolerar estas condiciones para de esta forma continuar estudios y seleccionar los más promisorias para obtener resultados positivos en su inclusión.

Se muestra en la [Tabla 1](#), los cultivares tolerantes frente a los diferentes rangos de salinidad estudiados.

Tabla 1. Cultivares tolerantes a niveles de cloruro de sodio (NaCl) de 50-200 mM, según porcentaje de germinación (PG)

Toleran hasta 200 mM de NaCl	
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	PRL-8 Caujerí 2170 San Francisco-219
Caupi (<i>Vigna unguiculata</i> L.Walp)	INIFAT-93 INIFAT-94 INIFAT- 202
Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	I 399
Toleran hasta 150 mM de NaCl	
Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i> L.)	N-29 N-5HA 4X2
Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	RM 04 RM 27
Guisante (<i>Pisum sativum</i> L.)	Afila 44
Toleran hasta 50 mM de NaCl	
Guisante (<i>Pisum sativum</i> L.)	Agro C-38 Afila 64
Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	Cuba C 204

Los resultados obtenidos en la presente investigación constituyen una importante contribución, ya que facilitan la selección de cultivares promisorios para realizar este tipo trabajos en agroecosistemas afectados por salinidad y de esta forma contribuir a incrementar la diversidad de granos para la alimentación y la agricultura en el país.

CONCLUSIONES

1. Existe una alta variabilidad genética entre el germoplasma estudiado en cuanto a su nivel de tolerancia a la salinidad, con diferencias entre el porcentaje de germinación y el índice de velocidad de germinación.
2. De los 15 cultivares estudiados siete fueron tolerantes a 200 mM la más alta concentración estudiada, seis de ellos a 150 mM y tres a 50 mM de NaCl, lo que denota sus potencialidades para continuar estudios.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa "Uso sostenible de los componentes de la Diversidad Biológica en Cuba" por el financiamiento para el proyecto Código PS211LH003-039 "Empleo de la diversidad de recursos fitogenéticos y microbianos para favorecer la adaptabilidad de los cultivos en agroecosistemas salinos" que sirvió de base para realizar la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Etcheverriborde A, Cendón ML, Molpeceres MC, Rodríguez JA, Zulaica L, Rouvier M. Agroecología en el sudeste bonaerense: controversias del Sistema Participativo de Garantía (SPG). RIVAR. 2022;9 (27):1-21. Available from: <https://doi.org/10.35588/rivar.v9i27.5623>
2. Martínez SRA, Yáñez DMI, Cantú SI, González RH, Marmolejo MJG. Effects of different land-use systems on soil physicochemical properties of achernozem in northeast México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 2022;25(3):1-15. Available from: <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.4115>

3. Karunanantham, K, Lakshminarayanan S, Ganesamurthi A, Ramasamy K, Rajamony V. Arbuscular mycorrhiza; a health engineer for abiotic stress alleviation. In: Dubey RC, Kumar P, editors. Rhizosphere engineering. London: Academic Press; 2022.p.171-198. Available from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89973-4.00019-3>
4. Chourasia K, More S, Kumar A, Kumar D, Singh B, Bhardwaj V, Kumar A, Das S, Singh R, Zinta G, Tiwari R, Lal M. Salinity responses and tolerance mechanisms in underground vegetable crops: an integrative review. *Planta*, 2022; 255; 68. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00425-022-03845-y>
5. Aguirre S, Piraneque N, Mercado T. Suelo y cambio climático. Incluye estudio de casos. Santa Marta: Editorial Unimagdalena;2022. Available from: <https://doi.org/10.21676/9789587464993>
6. Khamidov M, Ishchanov J, Hamidov A, Donmez C, Djumaboev K. Assessment of Soil Salinity Changes under the Climate Change in the Khorezm Region, Uzbekistan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.2022; 19(14):87-94. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph19148794>
7. Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI). Anuario Estadístico de Cuba: Agricultura, ganadería y pesca. Edición 2021. La Habana: ONEI; 2021.
8. Mir RA, Logeshwari TR, Aryendu, Soma-sundaram R. Elevated osmolytes accumulation helps in combating NaCl stress causing negative impacts on growth and metabolism of *Vigna radiata* (L.). *Journal of Plant Stress Physiology*. 2024;10: 13-22. Available from: <https://doi.org/10.25081/jpsp.2024.v10.8791>
9. İbrahimova U, Kumari P, Yadav S, Rastogi A, Antala M, Suleymanova Z, Zivcak M, Tahjib-ul-arif M, Hussain S, Abdelhamid M, Hajhashemi S, Yang X, Brestic M. Progress in understanding salt stress response in plants using biotechnological tools, *Journal of Biotechnology*. 2021; 329:180-191. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jbio-tec.2021.02.007>
10. Castro GD, Kindernecht NA, González MMF. Producir alimentos sanos y construir políticas públicas en el periurbano. *RIVAR*, 2024;11(31):122-141. Available from: <https://doi.org/10.35588/rivar.v11i31.6174>
11. Galeotti PJ. La agroecología como dimensión política y social en la agricultura marplatense.*RIVAR*.2024;11(31):158-173. Available from: <https://doi.org/10.35588/rivar.v11i31.6188>
12. Rosenzweig C, Elliott J, Deryng D, Ruane AC, Müller C, Arneth A, Boote KJ, Folberth C, Glotter M, Pugh TAM, Schmid E, Stehfest E, Yang H, Jones JW. "Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2014;111(9): 3268-3273. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222463110>.
13. Hervert HD. El papel de los cereales en la nutrición y en la salud en el marco de una alimentación sostenible. *Nutr Hosp*, 2022; 39 (N. °Extra 3):52-55. Available from: <https://dx.doi.org/10.20960/nh.04312>.
14. EL Sabagh A, Islam MS, Skalicky M, Ali Raza M, Singh K, Anwar Hossain M, Hossain A, Mahboob W, Iqbal MA, Ratnasekera D, Singhal RK, Ahmed S, Kumari A, Wasaya A, Sytar O, Brestic M, ÇIG F, Erman M, Habib Ur Rahman M, Ullah N, Arshad A. Salinity Stress in Wheat (*Triticum aestivum* L.) in the Changing Climate: Adaptation and Management Strategies. *Front. Agron*. 2021;3:661932. <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.661932>.
15. Ruiz SM, Muñoz HY, Guzmán D, Velázquez RR, Díaz LGS, Martínez AY. Efecto del calibre semilla (masa) en la germinación del sorgo. *Cultivos Tropicales*. 2018;39(4):51-9. Available from: <https://ediciones.im-ca.edu.cu/index.php/php/ediciones/article/view/1480>.
16. Calzada-López SG, Kohashi-Shibata J, Uscanga-Mortera E, García-Esteva A, Yáñez-Jiménez P. Cardinal temperatures and germination rate in husk tomato cultivars. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2014; 8:1451-1458. Available from: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remex-ca/v5nspe8/2007-0934-remexca-5-spe8-1451-en.pdf>.
17. Khan HA, Siddique KHM, Colmer TD. Vegetative and reproductive growth of salt-stressed chickpea are carbon-limited: sucrose infusion at the reproductive stage improves salt tolerance. *J. Exp. Bot*. 2017; 68:2001-2011. Available from: <https://doi.org/10.1093/jxb/erw177>.
18. Sobh M, Zargar TB, Basal O, Shehada AOA, Veres S. Evaluating salt tolerance of chickpea genotypes based on morphophysiological and biochemical parameters. *Notulae Botanicae Horti Agrobotici Cluj-Napoca*. 2025; 53 (2): 14515. Available from: <https://doi.org/10.15835/nbha53214515>.
19. Can CA, Elia CC, Ortega EHM, Edgar ISB, Madueño MA, Bojórquez SJI, Mancilla VOR. Respuesta de *Phaseolus Vulgaris* a la salinidad generada por NaCl, Na₂SO₄ y NaHCO₃. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*.2017;8 (6):1287-1300. Available from: <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i6.294>.
20. Paul WS, Afkairin A, Andales AA, Qian Y, Davis JG. Assessing salinity tolerance in pinto bean varieties: implications for sustainable agriculture. *Agronomy*. 2024;14:1877. Available from: <https://doi.org/10.3390/agronomy14091877>.
21. Rodríguez LND, Torres SCN, Chaman MME, Manuel HRJE. Efecto del estrés salino en el crecimiento y contenido relativo del agua en las variedades IR-43 y amazonas de *Oryza sativa* "arroz" (Poaceae) Arnaldoa. 2019;26 (3). Available from: <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26305>.
22. Zhang R, Wang Y, Hussain S, Yang S, Li R, Liu S, Chen Y, Wei H, Dai Q, Hou H. Study on the effect of salt stress on yield and grain quality among different rice varieties. *Front. Plant Sci*. 2022; 13:918460. Available from: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.918460>.
23. EL Sabagh A, Islam MS, Skalicky M, Ali Raza M, Singh K, Anwar Hossain M, et al. Estrés salino en trigo (*Triticum aestivum* L.) en el contexto del cambio climático: estrategias de adaptación y manejo. *Front Agron*. 2021;3:661932. Available from: <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.661932>.

24. Pandolfi C, Mancuso SS, Shabala S. Physiology of acclimation to salinity stress in pea (*Pisum sativum*). *Environ. Exp. Bot.* 2012;84:44-51. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.04.015>.
25. Rastogi A, Kovar M, He X, Zivcak M, Kataria S, Kalaji HM, Skalicky M, Ibrahimova UF, Hussain S, Mbarki S. JIP-test as a tool to identify salinity tolerance in sweet sorghum genotypes. *Photosynthetica*. 2020;58(Suppl 1): 518-528. Available from: <https://doi.org/10.32615/ps.2019.169>.
26. Ashraf M, Munns R. Evolution of approaches to increase the salt tolerance of crops. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2022; 41(2):128-160. Available from: <https://doi.org/10.1080/07352689.2022.2065136>.
27. Agius C. von Tucher S. Rozhon W. The Effect of salinity on fruit quality and yield of cherry tomatoes. *Horticulturae*. 2022;8: 59. Available from: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8010059>.
28. Yadav KP, Singh AK, Tripathi MK, Tiwari S, Yadav SK, Tripathi N. Morpho-physiological and molecular characterization of maize (*Zea mays* L.) genotypes for drought tolerance. *European J Appl Sci*. 2022; 10(6):65-87. Available from: <https://doi.org/10.14738/aivp.106.13340>.