

## **EFFECTO DEL NaCl EN LA GERMINACIÓN DE CULTIVARES DE FRIJOL (*PHASEOLUS VULGARIS* L)**

## **EFFECT OF NaCl ON THE GERMINATION OF BEAN CULTIVARS (*PHASEOLUS VULGARIS* L)**

**Autores:** Adrián Miranda del Valle<sup>1</sup>

Marcos Edel Martínez Montero<sup>2</sup>

Ariel Villalobos Olivera<sup>2</sup>

**Institución:** <sup>1</sup>Empresa Comercializadora de Productos Agropecuarios,  
Unidad Empresarial de Base Frutas Selectas, Ciego de Ávila, Cuba

<sup>2</sup>Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Cuba

**Correo electrónico:** [direccion@fselectas.cav.minag.cu](mailto:direccion@fselectas.cav.minag.cu)

[marcosem@unica.cu](mailto:marcosem@unica.cu)

[ariel@unica.cu](mailto:ariel@unica.cu)

### **RESUMEN**

La salinidad de los suelos, es una de las principales causas de desplazamiento de la producción de cultivo. El cultivo del frijol es poco tolerante a la salinidad por Cloruro de sodio (NaCl). La selección de cultivos de frijol tolerante a la salinidad es una alternativa para recuperar la producción del grano en las áreas afectadas. El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar el efecto del NaCl en la germinación de cultivares de frijol rojo. Se utilizaron las semillas 12 cultivares, los cuales fueron establecidos en placas de Petri, con las concentraciones de 0, 100, 200, 300, 400, 500 y 600  $\mu\text{mol L}^{-1}$  de NaCl, en  $\text{H}_2\text{O}$  y en suelo. A las semillas se les determinó la imbibición, pérdida de electrolitos, germinación y la emergencia. En los resultados se muestra afectación en la germinación y en la emergencia con el incremento de la concentración de NaCl en  $\text{H}_2\text{O}$  y en suelo. La línea 40.3, línea 40.4, línea 40.8, línea 64.1, línea 64.7, línea 84.4, línea 84.6 y línea 84.9, tuvieron la menor pérdida de agua y de electrolitos, con los mayores porcentajes de germinación y emergencia en las condiciones salinas. Los cultivares V- 53, V-50, I-39 y V-9, presentaron la mayor pérdida de agua y de electrolitos, con la menor germinación y emergencia en las condiciones salinas, lo que denotó poca tolerancia a la salinidad por  $\text{H}_2\text{O}$  y en suelo.

**Palabras clave:** Cultivo, Estrés, Salinidad, Selección, Tolerancia.

### **ABSTRACT**

The salinity of the soils is one of the main causes of displacement and rearrangement of crop production. Bean cultivation is intolerant to salinity conditions by sodium chloride (NaCl). The selection of cultivations of tolerant beans to the salinity is an alternative to recover the production of the grain in the affected areas. This work was carried out with the objective of determining the effect of NaCl on the germination of different bean cultivars. For the selection, they used the seeds of 12 cultivars that were established in Petri dishes with the concentrations of 0, 100, 200, 300, 400, 500 and 600  $\mu\text{mol L}^{-1}$  of NaCl, in  $\text{H}_2\text{O}$  and in soil. To the seed, they determined the imbibition, electrolytes leakage, germination and emergency. The results showed affectation in the germination and emergency with the increment of the concentration of NaCl in  $\text{H}_2\text{O}$  and in soil. The line 40.3, line 40.4, line 40.8, line 64.1, line 64.7, line 84.4, line 84.6 and line 84.9, had the least loss of water and electrolytes, with the major germination percentages and emergency in the salinity condition. The cultivars V-53, V-50, I-39 and V-9, presented the greatest loss of water, the lowest germination, loss of electrolytes and emergency in saline conditions, which shows the low tolerance to salinity conditions.

**Keywords:** Crop, Salinity, Selection, Stress, Tolerance.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del frijol tiene gran importancia en el sector alimenticio, dentro del grupo de las leguminosas, posee el mayor nivel nutricional (Céspedes, 2019). Este grano, es indispensable para la alimentación tradicional en muchos pueblos del mundo (Guzmán *et al.*, 2019). Los mayores productores de frijol en el mundo son Brasil con 16 %, seguido de la India con 15.9 %, Myanmar con 10.5 %, China con 8.9 %, en el quinto lugar se encuentra México con 5.8 %, y en sexto lugar los Estados Unidos con 5.6 % (Castellanos *et al.*, 2019).

En Cuba, el frijol forma parte importante en la dieta y la producción se basa en variedades de color negro, rojo y blancos generalmente (Martínez *et al.*, 2019). En los últimos años, el cambio climático ha causado afectaciones en los ecosistemas de producción de frijol (Silva *et al.*, 2019). Las principales causas de las afectaciones, se relacionan con deficiencias hídricas en los suelos, incremento de plagas claves y la salinidad (Olivera *et al.*, 2016).

La salinidad de los suelos, es una de las principales causas de desplazamiento y reordenación de la producción de los cultivos (García *et al.*, 2018; García *et al.*,

2019a). El cultivo del frijol es poco tolerante a la salinidad en H<sub>2</sub>O y en el suelo (Hernández *et al.*, 2019). En los últimos 10 años, la salinidad por NaCl, es que produce los mayores efectos negativos en la producción de frijol (Suástegui *et al.*, 2020). Este tipo de salinidad, se induce por la utilización de agua de riego con niveles altos NaCl (Rocha *et al.*, 2019). Otro factor que ocasiona este tipo de salinidad, es la introducción de la cuña de intrusión salina, la cual se debe a la disminución del manto freático en las zonas cercanas a las costas (Serna *et al.*, 2019).

La germinación del cultivo del frijol es el proceso fisiológico de mayor afectación por los niveles altos de salinidad (Martínez *et al.*, 2016). Una de las formas de vencer los efectos moderados de la salinidad por NaCl, en los cultivos, es la selección de genotipos tolerantes a dicha salinidad (Oufdou *et al.*, 2014). Estos aspectos serán tratados en el desarrollo del siguiente artículo. El objetivo de este trabajo es determinar el efecto del NaCl en la germinación de cultivares de frijol rojo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Mejoramiento Genético del Centro de Bioplasmas y la Cátedra Agroecológica "Ana Primavesi" de la Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez. Se utilizaron semillas de frijol, seleccionadas como promisorias en el programa de fitomejoramiento participativo del cultivo realizado en la provincia de Ciego de Ávila, según Olivera *et al.*, (2016). En la tabla 1 se muestran los cultivares de frijol utilizados en la investigación y su procedencia.

**Tabla 1.** Cultivares de frijol utilizado en la investigación

No	Cultivares	Hábito de Crecimiento	Procedencia
1	línea 40.3	II	Centro de Bioplasmas
2	línea 40.4	II	Centro de Bioplasmas
3	línea 40.8	II	Centro de Bioplasmas
4	línea 64.1	II	Centro de Bioplasmas
5	línea 64.7	II	Centro de Bioplasmas
6	línea 84.4	II	Centro de Bioplasmas
7	línea 84.6	II	Centro de Bioplasmas
8	línea 84.9	II	Centro de Bioplasmas
9	V- 53	II	INCA
10	V-50	II	INCA
11	I-39	II	INCA
12	V-9	II	INCA

Hábito II. Hábito de crecimiento de las plantas indeterminado. INCA. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas

Las semillas de los cultivares se establecieron en placas de Petri con un papel de filtro. a razón de 20 semillas por placa y se les adicionaron 5 mL de H<sub>2</sub>O con las

concentraciones de 0  $\mu\text{mol/L}$  NaCl, 100  $\mu\text{mol/L}$  NaCl, 200  $\mu\text{mol/L}$  NaCl, 300  $\mu\text{mol/L}$  NaCl, 400  $\mu\text{mol/L}$  NaCl, 500  $\mu\text{mol/L}$  NaCl y 600  $\mu\text{mol/L}$  NaCl, de acuerdo a lo recomendado por Hernández *et al.* (2015a). A cada concentración se le realizaron 10 réplicas para un total de 200 semillas. El cálculo de la concentración se realizó mediante la ecuación fundamental de la volumetría, según Skoog, West y Holler (1997).

$$C (A/Z_A^*) \cdot V_A = C (B/Z_B^*) \cdot V_B$$

Donde

$C (A/Z_A^*)$  Concentración de la sustancia concentrada.

$V_A$  Volumen de la sustancia concentrada.

$C (B/Z_B^*)$  Concentración de la sustancia diluida.

$V_B$  Volumen de la sustancia diluida.

El nivel de salinidad por NaCl se determinó mediante la conductividad eléctrica del agua, según Osorio y Céspedes (2000). La conductividad eléctrica, se determinó con un conductímetro de mesa Sper Scientific modelo 860033 de la República Popular China.

Determinación del contenido de agua y la germinación de las semillas: A las 24 horas, se seleccionan 20 semillas de cada concentración de NaCl en  $\text{H}_2\text{O}$  se les determina el contenido de agua, mediante la diferencia de masa, según Herrera y Gallegos (2002), Monroy-Vázquez *et al.* (2017). El porcentaje de germinación, se determinó a las semillas de cada concentración de NaCl en agua, a los 7 días, según Olivera *et al.* (2016).

Determinación de la pérdida de electrolitos: A los 7 días, se les determinó a las hojas cotiledonales de 100 semillas germinadas de cada concentración de NaCl en  $\text{H}_2\text{O}$  la pérdida de electrolitos, según lo establecido por Martínez *et al.* (2012). Para esta determinación, se utilizó el área central de 10 hojas de cada tratamiento experimental.

Las muestras de 1g fueron transferidas a tubos de ensayos de 20 mL de capacidad y luego se les adicionaron 15 mL de agua destilada. Antes de la imbibición de los ápices, al agua se le determina la conductividad eléctrica ( $C_0$ ). Las muestras de agua destilada con ápices se incubaron en una zaranda giratoria a 3 g (RCF) para determinarle la conductividad después de 24 h ( $C_{24}$ ). Por último, los tubos de

ensayos que contenían las muestras se esterilizaron en la autoclave durante 30 min y se cuantificó la conductividad después de 4 h de reposo a temperatura ambiente (Ck). Las conductividades eléctricas de cada uno de estos factores se determinaron con un conductímetro de mesa Sper Scientific modelo 860033 de la República Popular China. Los niveles de pérdida de electrolitos expresado en porcentaje se calcularon en la siguiente ecuación: Pérdida de electrolitos (%) =  $100 * (C_{24} - C_0) / (C_k - C_0)$ .

Determinación del porcentaje de emergencia de las plantas: Para esta determinación, se sembraron las semillas en bandejas plásticas de 60 cm de largo x 40 cm de ancho. Se utilizó en cada cultivar, una bandeja con cada concentración de NaCl. El suelo utilizado fue Ferralítico rojo, según la clasificación de (Hernández *et al.*, 2015 b). Antes de la siembra de las semillas, al suelo de cada cepellón de 48,68 cm<sup>3</sup>, se le realizaron aplicaciones de 50 mL de H<sub>2</sub>O, con las concentraciones de 0 μmol·L<sup>-1</sup> NaCl, 100 μmol·L<sup>-1</sup> NaCl, 200 μmol·L<sup>-1</sup> NaCl, 300 μmol·L<sup>-1</sup> NaCl, 400 μmol·L<sup>-1</sup> NaCl, 500 μmol·L<sup>-1</sup> NaCl y 600 μmol·L<sup>-1</sup> NaCl, según Hernández *et al.* (2015 a). Se realizaron cuatro aplicaciones cada tres días; en cada una se llevó el suelo hasta capacidad de campo. Después de este periodo, las semillas se sembraron. La emergencia de las plantas se determinó a los 21 días, según Olivera *et al.* (2016).

La salinidad en el suelo, se determinó mediante la conductividad eléctrica del suelo, según Partida *et al.* (2006). Para esta determinación se pesaron 50 g de suelo en un Beaker y se le adicionó H<sub>2</sub>O destilada hasta sobrepasarlo en 1 mL. Luego, se filtra en un embudo, con papel de filtro durante 24 h. El H<sub>2</sub>O filtrada se le evalúa la conductividad eléctrica en un conductímetro Sper Scientific. En la tabla 2 se muestra la equivalencia de la conductividad eléctrica del suelo con las concentraciones de NaCl, respecto a los diferentes niveles de salinidad presentes en los suelos, en las condiciones naturales, según Castellanos, Uvalley Aguilar, (2000).

Tabla 2. Relación entre las concentraciones de NaCl y la conductividad eléctrica del suelo.

Clasificación del suelo	Conductividad eléctrica del suelo (dS/m)	Concentración de NaCl (μmol L <sup>-1</sup> )	Conductividad eléctrica del suelo con NaCl (dS/m)
No salino	0 - 2	0	0,82
		100	1,85
Ligeramente salino	2 - 4	200	2,45
		300	2,88

Moderadamente salino	4 - 8	400	4,84
		500	6,55
Salino	4 - 8	600	8,52

### Análisis Estadístico

En el análisis de los datos se utilizó el software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 22,0. Donde se realizaron análisis paramétricos (Anova Simple), con pruebas de tukey para  $p \leq 0,05$ . Los datos en porcentajes fueron transformados según la ecuación  $y' = 2 \arccos((y/100)^{0,5})$ . El tipo de análisis y procesamiento se muestra debajo de cada tabla en resultados y discusión.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 3 muestra una disminución en el contenido de agua de todos los cultivares a medida que aumenta la concentración de NaCl. La menor reducción de agua, la tuvieron las semillas de la línea 40.3, línea 40.4, línea 40.8, línea 64.1, línea 64.7, línea 84.4, línea 84.6 y línea 84.9. Las semillas de los cultivares V- 53, V-50, I-39 y V-9, tuvieron la mayor reducción de agua en el experimento.

**Tabla 3.** Contenido de agua en las semillas de los cultivares de frijol en diferentes concentraciones de NaCl en H<sub>2</sub>O, a las 24 horas.

Cultivar	Concentración NaCl en H <sub>2</sub> O ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )							ES
	0 Control	100	200	300	400	500	600	
línea 40.3	82,45a	80,18b	78,96c	77,52c	72,26d	68,56e	65,25f	$\pm 1,25$
línea 40.4	81,58a	79,80b	76,82c	70,68d	75,51d	67,56e	62,25f	$\pm 1,42$
línea 40.8	79,56a	78,18a	77,96b	75,52c	73,26d	67,56e	64,25f	$\pm 1,59$
línea 64.1	79,85a	78,82b	77,62c	76,82c	72,68d	65,85e	64,15f	$\pm 1,58$
línea 64.7	80,25a	79,54b	78,16b	77,62c	75,51d	73,24e	67,56f	$\pm 1,64$
línea 84.4	83,45a	81,18b	77,96c	75,52c	70,26d	66,56e	63,25f	$\pm 1,45$
línea 84.6	84,58a	79,80b	76,82c	70,68d	65,85e	64,15f	67,82c	$\pm 1,35$
línea 84.9	85,56a	78,18a	74,96b	68,52c	73,26d	67,56e	64,25f	$\pm 1,56$
V- 53	79,45a	68,85b	53,92c	48,58d	42,62e	37,67f	34,42g	$\pm 1,92$
V-50	81,58a	65,80b	51,42c	45,64d	39,48e	34,61f	33,38g	$\pm 2,01$
I-39	81,56a	67,91b	53,49c	47,68d	41,52e	36,62f	35,42g	$\pm 1,97$
V-9	81,25a	68,96b	54,42c	48,63d	42,55e	38,68f	35,47g	$\pm 1,96$

ES. Error estándar de la media. NaCl. Cloruro de sodio. *Medias con letras diferentes, en columnas, indican significación (ANOVA Simple, Tukey,  $p \leq 0,05$ ). Cada dato representa la media para  $n=100$*

La disminución del contenido pudo estar asociada al incremento de la presión osmótica de las semillas, por el incremento de la concentración de NaCl, en el proceso de imbibición, como describe (Rodríguez *et al.*, 2019). El incremento de sales en el agua durante el proceso de imbibición, afecta la osmosis, proceso que

permite el paso de agua a través de la membrana semipermeable de las células, desde la solución más diluida a la más concentrada (Lezcano *et al.*, 2019).

La pérdida de agua en las semillas pudiera estar asociada a la plasmólisis celular durante la imbibición (Díaz *et al.*, 2019), que ocurre a medida que aumenta la concentración de NaCl (García *et al.*, 2019 b). Este proceso más visible en las concentraciones 500 y 600  $\mu\text{mol L}$  de NaCl y en semillas de los cultivares V- 53, V-50, I-39 y V-9, que denotan la mayor afectación en el proceso inicial de la germinación.

En la germinación de las semillas, se aprecia una reducción a medida que se incrementa la concentración de NaCl en  $\text{H}_2\text{O}$  (Tabla 4). Al igual que en el contenido de agua de las semillas (Tabla 3), la línea 40.3, línea 40.4, línea 40.8, línea 64.1, línea 64.7, línea 84.4, línea 84.6 y línea 84.9. obtienen el mayor porcentaje de germinación, a medida que aumenta la concentración de NaCl.

**Tabla 4.** Porcentaje de germinación de las semillas de cultivares de frijol, en diferentes concentraciones de NaCl en suelo a los 21 días después de la siembra.

Cultivar	Concentración NaCl en $\text{H}_2\text{O}$ ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )							
	0 Control	100	200	300	400	500	600	ES
línea 40.3	100a	96,25b	94,55c	93,25c	88,55d	85,56e	56,62f	$\pm 1,25$
línea 40.4	100a	98,52a	96,55b	94,52c	90,55d	86,22e	56,55f	$\pm 1,22$
línea 40.8	99,50a	97,55b	92,55c	90,22c	85,55d	84,25e	42,25g	$\pm 1,88$
línea 64.1	99,00a	97,55b	95,50c	94,25d	87,52e	85,22f	55,22g	$\pm 1,03$
línea 64.7	100a	98,52a	96,55b	94,52c	88,55d	85,56e	60,62f	$\pm 2,33$
línea 84.4	100a	96,25b	94,55c	93,25c	85,55d	83,25e	45,25g	$\pm 1,50$
línea 84.6	100a	97,55b	94,55c	90,22c	87,55d	84,25e	48,25g	$\pm 1,30$
línea 84.9	100a	96,25b	94,55c	93,25c	88,55d	85,56e	56,62f	$\pm 1,82$
V- 53	99,00a	81,22b	51,52c	22,21d	9,55e	3,55f	2,22g	$\pm 1,23$
V-50	99,50a	85,52b	56,52c	32,22d	16,22e	8,55f	5,22g	$\pm 1,32$
I-39	100a	83,22b	33,55c	19,22d	9,52e	4,22f	2,50g	$\pm 1,52$
V-9	100a	80,22b	45,55c	20,25d	10,20e	5,22f	1,55g	$\pm 1,22$

ES. Error estándar de la media. NaCl. Cloruro de sodio. Medias con letras diferentes en columnas indican significación (ANOVA Simple, Tukey,  $p \leq 0.05$ ). Cada dato representa la media para  $n=100$ .

Los cultivares V- 53, V-50, I-39 y V-9, tuvieron el menor porcentaje de germinación en las diferentes condiciones de estrés salino. Las coincidencias de estos resultados, con la imbibición de las semillas, demuestran que la imbibición (Tabla 1), determinó la germinación de las semillas. Como se ha descrito anteriormente la imbibición es la primera etapa de la germinación (Domínguez *et al.*, 2014). Los estudios Giraldo, Cano y Ribas (2009), Can *et al.* (2014) y Blanco, Sandoval y Torres

(2016), han descrito que las afectaciones en esta etapa influyen directamente en la germinación de las semillas.

En la tabla 4 se muestra que la pérdida de electrolitos se incrementa a medida que aumenta la concentración de NaCl. En relación con los resultados en el contenido de agua (Tabla 3) y la germinación (Tabla 4), la menor pérdida de electrolitos en todas las concentraciones NaCl en H<sub>2</sub>O, la tuvieron la línea 40.3, línea 40.4, línea 40.8, línea 64.1, línea 64.7, línea 84.4, línea 84.6 y línea 84.9. Por su parte, los cultivares V- 53, V-50, I-39 y V-9, mostraron la mayor pérdida de electrolitos en cada una de las concentraciones de NaCl en el experimento.

**Tabla 4.** Pérdida de electrolitos de los ocho cultivares de frijol en diferentes concentraciones de NaCl en agua, a los 7 días.

Cultivar	Concentración NaCl en H <sub>2</sub> O (μmol L <sup>-1</sup> )							
	0 Control	100	200	300	400	500	600	ES
línea 40.3	1,88f	3,85e	4,55d	4,65d	14,54c	19,25b	35,45a	±1,30
línea 40.4	1,75g	4,52f	5,55e	6,25d	17,50c	20,35b	36,5a	±1,25
línea 40.8	1,56f	5,55e	6,55e	7,22d	19,55c	22,25b	38,25a	±1,22
línea 64.1	1,85f	6,25e	7,40d	8,25d	17,52c	25,22b	35,22a	±1,88
línea 64.7	1,88f	3,85e	4,55d	4,65d	17,50c	20,35b	36,5a	±1,03
línea 84.4	1,74g	4,52f	5,55e	6,25d	17,52c	24,22b	34,22a	±2,33
línea 84.6	1,70g	4,58f	5,65e	6,38d	20,50c	22,35b	37,5a	±1,50
línea 84.9	1,65f	5,85e	6,95e	8,18d	19,55c	23,25b	36,25a	±1,30
V- 53	1,65g	25,68f	55,62e	65,25d	80,22c	89,25b	96,35a	±1,82
V-50	1,55g	18,85f	48,52e	57,62d	76,24c	85,22b	95,22a	±1,23
I-39	2,65g	22,65f	52,36e	61,25d	78,52c	86,25b	94,54a	±1,32
V-9	2,25g	22,55f	50,62e	62,55d	75,5c	88,5b	94,24a	±1,52

ES. Error estándar de la media. NaCl. Cloruro de sodio. *Medias con letras diferentes en columnas indican significación (ANOVA Simple, Tukey, p ≤ 0.05). Cada dato representa la media para n=100.*

La función fundamental de los electrolitos en las células es de mantener el equilibrio de los fluidos, para su correcto funcionamiento (Pérez *et al.*, 2016). El incremento de la pérdida de electrolitos en los cultivares de frijol, a medida que se incrementa la concentración de NaCl, pudiera estar asociado a un desequilibrio de las células en los tejidos de las semillas.

En la germinación, las principales causas de desequilibrio en las células de la semilla, se presentan en la primera etapa de este proceso, la imbibición (Hernández *et al.*, 2015). Las afectaciones en la imbibición, dañan en un primer momento la activación del metabolismo, el proceso de respiración, la síntesis de proteínas y la movilización de sustancias de reserva de las semillas (Bustamante y Cuba, 2013).

De acuerdo a los resultados del contenido de agua (Tabla 3), germinación (Tabla 4) y la pérdida de electrolitos, se demuestra que el aumento de la concentración de NaCl, afecta el proceso de germinación de las semillas de frijol. Además, esta afectación es mayor en los cultivares V- 53, V-50, I-39 y V-9, que muestran la mayor pérdida de electrolitos.

Los porcentajes de emergencia de las semillas disminuyeron con el aumento la concentración de NaCl en suelo, y se obtuvieron los menores resultados en todos los cultivares en concentraciones de 500 y 600  $\mu\text{mol L}^{-1}$  (Tabla 5). La línea 40.3, línea 40.4, línea 40.8, línea 64.1, línea 64.7, línea 84.4, línea 84.6 y línea 84.9, obtuvieron el mayor porcentaje en este indicador. Los cultivares V- 53, V-50, I-39 y V-9, mostraron la mayor reducción en la emergencia en el experimento, con el incremento de la concentración de NaCl en suelo.

**Tabla 6.** Porcentaje de emergencia de las semillas de cultivares de frijol, en diferentes concentraciones de NaCl en suelo a los 21 días después de la siembra.

Cultivar	Concentración NaCl en H <sub>2</sub> O ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ )							ES
	0 Control	100	200	300	400	500	600	
línea 40.3	100a	94,20b	90,40c	88,50c	85,55d	82,56e	55,62f	±1,24
línea 40.4	100a	95,50a	93,50b	90,50c	87,52d	84,28e	56,55f	±1,20
línea 40.8	96,50a	96,55b	91,18c	90,22c	84,58d	80,24e	48,25g	±1,56
línea 64.1	97,00a	96,10b	94,25c	91,20d	87,52e	82,12f	52,22g	±1,12
línea 64.7	100a	97,80a	96,50b	94,52c	88,55d	82,58e	58,62f	±1,88
línea 84.4	100a	96,00b	92,55c	91,25c	85,55d	81,27e	45,25g	±1,47
línea 84.6	100a	95,00b	92,55c	88,22c	86,55d	84,25e	48,25g	±1,38
línea 84.9	100a	96,00b	93,75c	90,25c	87,55d	85,56e	54,62f	±1,72
V- 53	96,00a	78,12b	48,30c	18,22d	8,52e	3,55f	2,22g	±1,33
V-50	97,00a	82,50b	47,18c	30,12d	18,12e	8,55f	5,22g	±1,38
I-39	100a	80,18b	31,51c	17,12d	9,52e	4,22f	2,58g	±1,56
V-9	100a	78,12b	42,15c	18,25d	8,20e	6,22f	2,58g	±1,18

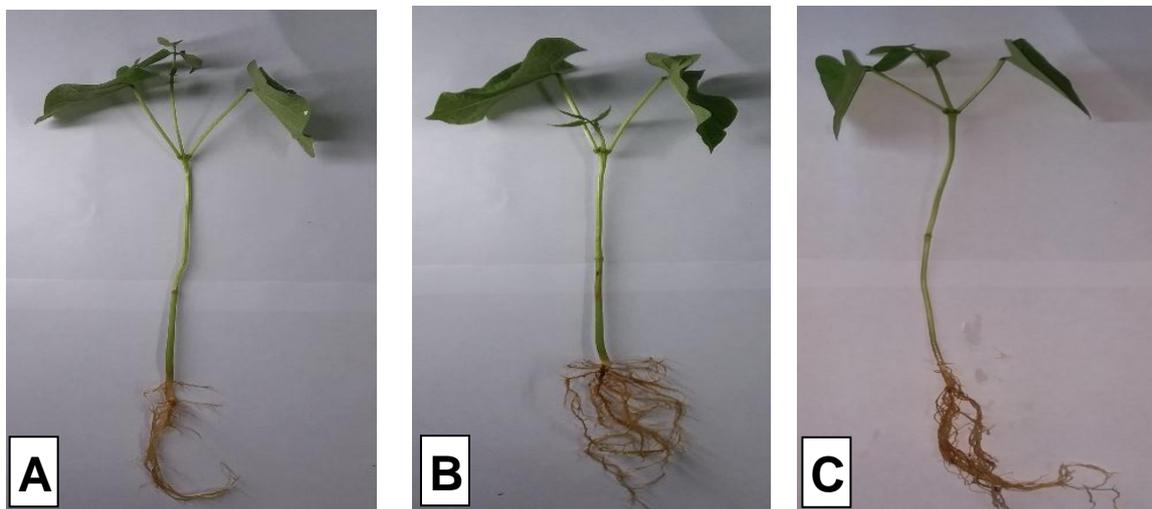
ES. Error estándar de la media. NaCl. Cloruro de sodio. *Medias con letras diferentes en columnas indican significación (ANOVA Simple, Tukey,  $p \leq 0.05$ ). Cada dato representa la media para  $n=100$ .*

Los resultados obtenidos en este indicador están en correspondencia con el contenido de agua (Tabla 3), la germinación (Tabla 4) y la pérdida de electrolitos (Tabla 5) de estos cultivares. Los daños inducidos en las tres etapas de la germinación de la semilla, afectan los porcentajes de emergencias, según Torres *et al.* (2019). Los resultados de la investigación demuestran que los cultivares V- 53, V-50, I-39 y V-9, no presentaron un correcto funcionamiento en las etapas de la germinación. Estos cultivares tuvieron afectaciones en la imbibición (Tabla 3), la germinación (Tabla 4), la pérdida de electrolitos (Tabla 5) y la emergencia (Tabla 6).

Estos resultados demuestran la poca tolerancia de estos cultivares a la salinidad por NaCl.

La línea 40.3, línea 40.4, línea 40.8, línea 64.1, línea 64.7, línea 84.4, línea 84.6 y línea 84.9, mostraron los mejores resultados en todos los indicadores evaluados. Estos cultivares, de acuerdo con los resultados, mostraron la mejor germinación en las concentraciones de NaCl.

En la Figura 1 se muestran las plantas de los cultivares de frijol emergidas en las condiciones salinas a los 21 días después de la siembra. En la misma se aprecia que las plantas de la línea 40.3 (Figura 1 A), línea 40.4 (Figura 1 B), línea 40.8 (Figura 1 C), línea 64.1 (Figura 1 D), línea 64.7 (Figura 1 E), línea 84.4 (Figura 1 F), línea 84.6 (Figura 1 G) y línea 84.9 (Figura 1 H), establecidas en el suelo con la concentración de  $600 \mu\text{mol L}^{-1}$ , tuvieron un desarrollo morfológico definido en cada uno de sus órganos. Las plantas de estos ocho cultivares muestran un sistema radicular, expandido, con un tallo expandido y hojas verdes bien definidas, lo que denota que están fotosintéticamente activas. Esta figura 1 demuestra que las plantas de estos cultivares germinan y emergen en condiciones de suelo salinos por NaCl.





**Figura 1.** Plantas de frijol establecidas en el suelo con la concentración de  $600 \mu\text{mol L}^{-1}$  (Condiciones de suelo salinas), a los 21 días después de la siembra. (Figura 1 A) línea 40.3, (Figura 1 B) línea 40.4, (Figura 1 C) línea 40.8, (Figura 1 D) línea 64.1, (Figura 1 E) línea 64.7, (Figura 1 F) línea 84.4, (Figura 1 G) línea 84.6 y (Figura 1 H) línea 84.9.

## CONCLUSIONES

1. Los cultivares de frijol utilizados en el experimento muestran afectaciones durante el proceso de germinación y emergencia a medida que se incrementó la concentración de NaCl.
2. La línea 40.3, línea 40.4, línea 40.8, línea 64.1, línea 64.7, línea 84.4, línea 84.6 y línea 84.9, tuvieron la mejor respuesta a medida que se incrementaba la concentración de NaCl en agua y en el suelo. Estos cultivares tuvieron la menor pérdida de agua, la mayor germinación, pérdida de electrolitos y emergencia en las condiciones salinas.

3. Los cultivares V- 53, V-50, I-39 y V-9, tuvieron mayor pérdida de agua, la menor germinación, pérdida de electrolitos y emergencia en las condiciones salinas, lo que demuestra la poca tolerancia a las condiciones de salinidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLANCO, Wilmer, SANDOVAL, Elberth y TORRES, David (2016). Evaluación del crecimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Ica Cerinza, bajo estrés salino. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*. Colombia, Vol. 19, No.1, p. 87-95.
- BUSTAMANTE, G. y CUBA PARDO, G. (2013). Electrolitos. *Revista de Actualización Clínica Investiga*. Bolivia, Vol. 39, No.1, p. 1-10.
- CAN, Álvaro...[et al.] (2014). Germinación y crecimiento de plántulas de *Phaseolus vulgaris* L. en condiciones de salinidad. *Revista mexicana de Ciencias Agrícolas*. México, Vol. 5, No. 5, p. 753-763.
- CASTELLANOS, Raul...[et al.] (2019). Evaluación integral de la eficiencia económica de la producción de frijol. *Revista Retos de la Dirección*. Cuba, Vol. 131, No.1, p. 208-227.
- CASTELLANOS, Javier, UVALLE-BUENO, Jone y AGUILAR-SANTELISES, Albert (2000). Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. p 186. México. Ed. Intagri. Gto.
- CÉSPEDES, Soriano (2019). El Frijol, otro reto para la 4ª transformación. *Revista Pluralidad y Consenso*. México, Vol. 8, No. 37, p. 108-111.
- DÍAZ, Maura...[et al.] (2019). Effect of different osmotic potentials using polyethylene glycol on the germination and growth of seedlings of three varieties of soybean. *Revista Investigación Agraria*. Paraguay, Vol. 21, No.1, p. 73-80.
- DOMÍNGUEZ, Albert...[et al.] (2014). Respuesta de cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. al estrés por sequía. *Revista Biotecnología Vegetal*. Villa Clara, Cuba, Vol. 14, No. 1, p. 1-10.
- GARCÍA, Miguel ...[et al.] (2019a). Efecto de la salinidad por NaCl en el crecimiento y desarrollo de plantas de *Chenopodium quinoa* Willd. *Revista Ciencia en Desarrollo*. Colombia, Vol. 10, No. 1, p. 19-29.
- GARCÍA, Miguel ...[et al.] (2019b). NaCl-salinity effect of on the growth and development of *Chenopodium quinoa* Willd plants. *Revista Ciencia en Desarrollo*. Colombia, Vol. 10, No. 1, p.19-29.

- GARCÍA, Jesus ...[et al.] (2018). Inoculación de halobacterias fijadoras de nitrógeno en la contribución a la tolerancia al estrés salino en frijol tepary (*Phaseolus acutifolius*): Inoculación de halobacterias fijadoras de nitrógeno en la contribución a la tolerancia al estrés salino en frijol tepary (*Phaseolus acutifolius*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. México, Vol. 20, No. 20, p. 4289.
- GIRALDO, Corina, CANO, Marcos y RIBAS, Rogério (2009). Respuesta fotosintética de diferentes ecotipos de frijol a la radiación y la salinidad. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. Colombia, Vol. 10, No. 2, p. 129-140.
- GUZMÁN, Elver ...[et al.] (2019). Determinantes de la oferta de frijol por tipo de tecnología en México. *Revista Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. México, Vol. 79, No. 1, p. 48-59.
- HERNÁNDEZ, Yuniet ...[et al.] (2015). Evaluación de la tolerancia a la salinidad bajo condiciones controladas de nueve cultivares cubanos de soya (*Glycine max* (L.) Merrill). *Cultivos Tropicales*. Mayabeque, Cuba, Vol. 36, No. 4, p. 120-125.
- HERNÁNDEZ, Juan ...[et al.] (2015 b). Clasificación de los suelos de Cuba. p 93, Mayabeque, Cuba : Ed INCA.
- HERNÁNDEZ, Lazaro ...[et al.] (2015a). Identification of discriminant factors after exposure of maize and common bean plantlets to abiotic stresses. *Revista Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*. Rumania, Vol. 43, No. 2, p. 589-598.
- HERRERA, P. P. y GALLEGOS J. A. (2002). Permeabilidad de la testa y la porción micropilo-hilio en semilla de frijol silvestre y cultivado. *Revista Fitotecnia Mexicana*. México, Vol. 25, No. 1, p. 57-63.
- MARTÍNEZ, Pedro ...[et al.] (2019). Arvenses presentes en cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) de siembra intermedia y su influencia en el rendimiento agrícola. *Revista Centro Agrícola*. Villa Clara, Cuba, Vol. 46, No. 3, p. 58-66.
- MARTINEZ, Marcos, GONZÁLEZ, Maria y ENGELMANN, Florent (2012). Cryopreservation of tropical plant germplasm with vegetative propagation-review of sugarcane (*Saccharum* spp.) and pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merrill) cases. En *Current frontiers in cryopreservation*. p. 359-396. Londres Inglaterra. Ed Espringer.
- MARTÍNEZ, Rodolfo ...[et al.] (2016). Bases bioquímicas de la tolerancia al estrés osmótico en hongos fitopatógenos: el caso de *Macrophomina phaseolina* (Tassi)

- Goid. *Revista argentina de microbiología*. Argentina, Vol. abacum L. *Revista Cultivos Tropicales*. Mayabeque, Cuba, Vol. 37, No. 1, p. 99-105.
- MONROY, Maria ...[et al.] (2017). Imbibición, Viabilidad Y Vigor de semillas de cuatro especies de opuntia con grado distinto de domesticación. *Revista Agrociencia*. Cuba, Vol. 51, No. 1, p. 27-42.
- OLIVERA, Ariel ...[et al.] (2016). Comportamiento agroproductivo de diferentes variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*. L) en la finca «Las María» del municipio Primero de Enero. *Revista Universidad & Ciencia*. Ciego de Ávila, Cuba, Vol. 5, No. 2, p. 52-78.
- OSORIO, U.y CÉSPED, R. (2000). Efecto de métodos de riego localizado en la salinidad del perfil de suelo en vid de mesa : conductividad eléctrica, sodio, cloro y boro en distintos puntos del perfil. *Revista Agricultura Técnica*. Chile, Vol. 60, No. 2, p.178-194.
- OUFDOU, Khalid ...[et al.] (2014). Enzymes of the glutathione–ascorbate cycle in leaves and roots of rhizobia-inoculated faba bean plants (*Vicia faba* L.) under salinity stress. *Revista European journal of soil biology*. Paris Francia, Vol. 60, No. 1, p. 98-103.
- PARTIDA, Leopoldo ...[et al.] (2006). Extractos vegetales y su efecto en la conductividad eléctrica de dos suelos salinos y de soluciones. *Revista Terra Latinoamericana*. México, Vol. 24, No. 1, p. 83-89.
- PÉREZ, Juan ...[et al.] (2016). Efecto de la madurez en la crioconservación de semillas de *Nicotiana glauca* BLANCO, Wilmer, SANDOVAL, Elberth y TORRES, David (2016). Evaluación del crecimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Ica Cerinza, bajo estrés salino. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*. Colombia, Vol. 19, No.1, p. 87-95.
- ROCHA, Mcubillo ...[et al.] (2019). Increased tolerance of *Casuarina equisetifolia* to sodium chloride caused by *Pseudomonas fluorescens*. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. Colombia, Vol. 17, No. 2, p.15-23.
- RODRÍGUEZ, Lázaro, POLANCO, René y HURTADO, Alexander (2019). Efecto de la salinidad en la germinación y crecimiento de dos variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Revista InfoCiencia*. Cuba, Vol. 21, No. 2, p. 32-40.
- SERNA, Liliana, PABÓN, Omar y QUINTANA, Jesús (2019). Efectos de la Fuerza Iónica y el Tiempo de Remojo de Legumbres Secas sobre sus Propiedades

- Tecnofuncionales. *Revista Información tecnológica*. Chile, Vol. 30, No. 2, p. 201-210.
- SILVA, Maiquel ...[et al.] (2019). Indicadores de cambio climático en las precipitaciones. *Revista Bases de la Ciencia*. Ecuador, Vol. 4, No. 2, p. 21-34.
- SKOOG, David, WEST, Ares y HOLLER, Falton (1997). *Fundamentos de química analítica*. p.84. Barcelona, España : Ed Reverté.
- SUÁSTEGUI, José ...[et al.] (2020). The Homeopathy increases tolerance to stress by NaCl in plants of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) variety Quivicán. *Revista Terra Latinoamericana*. México, Vol. 38, No. 1, p. 37-51.
- TORRES, Damaris ...[et al.] (2019). Efecto del tratamiento térmico a altas temperaturas sobre la germinación *in vitro* de semillas de *Phaseolus vulgaris* cv. 'ICA Pijao'. *Revista Biotecnología Vegetal*. Villa Clara. Cuba, Vol.19, No. 3, p. 215-223.