

**EFFECTO DE SOLUCIONES SALINAS SOBRE LA
GERMINACIÓN DE SEMILLA DE DOS CULTIVARES DE MAÍZ**

JOSÉ A. LAYNEZ-GARSABALL, JESÚS RAFAEL MÉNDEZ-NATERA, Y
JULIANA MAYZ-FIGUEROA¹

*Escuela de Ingeniería Agronómica, Núcleo Monagas, Universidad de Oriente,
Avenida Universidad, Campus Los Guaritos,
Maturín 6201, Monagas, Venezuela*

¹*Postgrado en Agricultura Tropical, Núcleo Monagas, Universidad de Oriente,
Campus Juanico, Maturín 6201, Monagas, Venezuela
jalaynezg@yahoo.es; jmendezn@cantv.net; julianamays@cantv.net*

Resumen. La germinación de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays*) fue evaluado bajo tres condiciones de salinidad en las que se simularon en arena mediante soluciones de cloruro de sodio los potenciales osmóticos de dos suelos salinos de la Laguna de Chacopata, estado Sucre, Venezuela, con conductividades eléctricas de 9,11 y 15,19 dS/m. La siembra se efectuó en bandejas, empleando 10 kg arena/bandeja y 50 semillas, regadas diariamente con solución salina. El diseño estadístico fue el de parcelas divididas con cuatro repeticiones. En la parcela principal estuvieron los potenciales osmóticos (0; -0,328 y -0,547 MPa), las sub-parcelas los dos cultivares de maíz (Himeca 95 y Pioneer 361) y las sub-sub-parcelas los tres tamaños de semillas (< 0,32 g; ≥ 0,32 - 0,36 ≤ g; y > 0,36 g.). Se evaluó el porcentaje de germinación (%), índice de velocidad de germinación y el número medio de días a total germinación. El tamaño de la semilla no tuvo influencia sobre el proceso de germinación y la disminución en el potencial osmótico produjo una disminución del porcentaje de germinación y el índice de la velocidad de germinación y un incremento en el número medio de días a germinación total. Así, es posible hacer un sondeo inicial de genotipos de maíz para tolerancia a la salinidad utilizando la germinación con soluciones de NaCl con potencial osmótico de -0,328 MPa (Pioneer 361 superior a Himeca 95). *Recibido: 05 mayo 2006, aceptado: 09 febrero 2007.*

Palabras clave: Salinidad en arena, germinación, maíz, *Zea mays*, tamaño de semilla.

EFFECT OF SALINE SOLUTIONS ON SEED GERMINATION
IN TWO CORN CULTIVARS

Abstract. We evaluated germination in corn seeds (*Zea mays*) planted in sand and watered with three saline (NaCl) solutions to simulate osmotic potentials of saline soils previously studied *id est*, two saline soils from Laguna de Chacopata, in Cruz Salmerón Acosta Municipality, Sucre State, Venezuela, with electrical conductivities of 9.11 and 15.19 dS/m); three seed sizes and two cultivars were used. Seeds were planted in aluminum trays, using 50 seeds and 10 kg of sand in each tray, and watered daily (250 mL/tray) with saline solution. A split-split-plot design was used with four replications. Main plots contained the osmotic potentials (0, -0.328, and -0.547 MPa), sub-plots constituted the two corn cultivars (Himeca 95 and Pioneer 361), and sub-sub-plots contained the three seed sizes (< 0.32 g, 0.32-0.36 g, and > 0.36 g). Percentage germination, germination speed index, and mean number of days to total germination were recorded. Seed size had no effect on germination. A decrease in osmotic potential produced a decrease in both germination (%) and germination speed index, but an increase in mean number of days to total germination. Thus, initial screening of corn genotypes for salt tolerance may be done at the germination level, by using NaCl solutions with a -0.328 MPa osmotic potential (cv. Pioneer 361 out-yielding cv. Himeca 95). *Received: 05 May 2006, accepted: 09 February 2007.*

Key words: Salinity, sand culture, germination, corn, *Zea mays*, seed size.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz (*Zea mays* L.) se practica en Venezuela en toda la geografía del país, encontrándose sometido a distintas alteraciones desfavorables en el ambiente, como la salinización, en la cual hay acumulación de sales de Ca, Mg, K, Na, con predominio de Ca y Mg, en los suelos, producto del impedimento de su eliminación. La acumulación de sales, genera dos componentes que afectan negativamente a las plantas: uno osmótico debido a la acción de las sales disueltas que origina cambios físicos u osmóticos en las plantas y otro iónico o específico, según el tipo de iones (Daubenmire 1990, Azcon-Bieto y Talon 1993). Es necesario por tal razón, efectuar investigación en la búsqueda de genotipos de maíz que se adapten a esta situación.

La técnica del envejecimiento acelerado es muy usada para predecir la calidad de las semillas en cuanto a la vida de almacenamiento de un lote de semillas o su calidad después de un período especificado y también para

predecir la emergencia en campo después de la siembra, el subsiguiente vigor de las plántulas y el rendimiento final del cultivo (Ellis y Roberts 1980). Sin embargo, esta técnica ha recibido críticas, por no estar estandarizada para diferencias en humedad de la semilla, temperatura y duración del tratamiento (Musgrove *et al.* 1980), con la consecuencia de que pequeñas diferencias en el tratamiento de envejecimiento den lugar a variaciones en el vigor. Por otra parte, la cámara de envejecimiento acelerado no permite estudiar el efecto del estrés por salinidad.

Una técnica sencilla y económica para el estudio de la calidad de la semilla y su comportamiento ante el estrés salino, consiste en el uso de sustancias o productos comerciales tales como sulfato de sodio y cloruro de sodio para simularlo bajo condiciones controladas (Martínez 1999, Wong 2002, Méndez *et al.* 2002). El principio se basa en la premisa de que si una semilla tiene capacidad para germinar y emerger bajo condiciones de estrés salino podría ser indicativo de un potencial genético para la tolerancia a sales, al menos en esa etapa del ciclo de vida (Bernstein y Ayers 1953, Vasudevan y Balasubramanian 1965, Pearson *et al.* 1966).

Por otro lado, se ha observado tolerancia a condiciones de salinidad en la germinación y crecimiento de plántulas, por efecto del tamaño de la semilla (Soltani *et al.* 2002), siendo posible en consecuencia, la identificación de un tamaño de semilla, para un cultivar, que brinde mayor tolerancia a tal estrés. Por lo anterior, esta investigación tiene por objeto evaluar el efecto de soluciones salinas preparadas con cloruro de sodio, sobre la germinación de diferentes tamaños de semilla de dos cultivares de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó la germinación de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz, bajo tres condiciones de salinidad en las que se simulaban en arena mediante soluciones salinas los potenciales osmóticos de dos suelos salinos de la Laguna de Chacopata, municipio Cruz Salmerón Acosta, estado Sucre, con conductividades eléctricas de 9,11 y 15,19 dS/m. El trabajo fue realizado en el umbráculo del Postgrado en Agricultura Tropical de la Universidad de Oriente, estado Monagas, Venezuela.

Se utilizó semilla certificada de los cultivares de maíz Himeca 95 y Pionner 361 (12% de humedad), tratadas con Vitavax 200 F (carboxin 17% + thiram 17%) para proteger las semillas de hongos, seleccionada y clasificada

en base al peso individual, en tres intervalos de peso, en lotes de 300 semillas: < 0,32 g; 0,32–0,36 g y > 0,36 g.

Se uso arena lavada de río no esterilizada, dejada secar al aire libre, y cernida por medio de un tamiz de malla de 3 mm. Una vez efectuada la siembra se realizaron riegos diarios (250 mL/bandeja) empleando soluciones salinas que simulaban los potenciales osmóticos de los dos suelos salinos. Tales potenciales se establecieron agregando una cantidad en gramos de cloruro de sodio comercial en un litro de agua de acuerdo a la concentración molal requerida para obtener el potencial osmótico deseado como sigue: 0; 4,24 y 7,06 g/L, para $\psi_{os} 1 = 0$ (Testigo); $\psi_{os} 2 = -0,328$ y $\psi_{os} 3 = -0,547$ MPa, respectivamente según la ecuación de van't Hoff (Salisbury and Ross 1992): $\psi_{os} = -C i R T$, donde: ψ_{os} = potencial osmótico; C = concentración de la solución, expresada como molalidad (moles de soluto por Kg de H₂O); i = constante que indica la ionización del soluto, para el NaCl i = 1,8; R = constante de los gases (0,0831 Kg • bar mol⁻¹ • K⁻¹), y T = temperatura absoluta (K), en nuestro caso K = 303.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Un total de 50 semillas arregladas en lotes de 25 de acuerdo al tratamiento correspondiente (Tabla 1) distribuidas en 5 hileras de 5 semillas cada una (distancia entre plantas 3,7 cm y entre semillas 4,0 cm) y a 3,0 cm de profundidad, fueron sembradas en arena (10 kg arena/bandeja.) en bandejas de aluminio (41 cm largo, 26,5 cm ancho y 10 cm alto), previamente desinfectadas con cloro comercial (hipoclorito de sodio 5,25%) sin diluir y posteriormente lavadas con abundante agua. Diariamente se efectuaron riegos de 250 mL de solución salina/bandeja. El diseño estadístico utilizado fue el de parcelas divididas con 4 repeticiones, donde la parcela principal la conformaron los potenciales osmóticos 0 MPa (Testigo), -0,328 MPa y -0,547 Mpa), las subparcelas, los dos cultivares de maíz (Himeca 95 y Pioneer 361), y las Sub-subparcelas), los tres tamaños de las semillas (< 0,32 g; 0,32–0,36 g, y > 0,36 g).

VARIABLES MEDIDAS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los parámetros con los que se evaluó las respuestas de los cultivares a los diferentes tratamientos fueron: Porcentaje de germinación (%): a los 4, 8, 12 y 16 días después de la siembra (dds), índice de velocidad de germinación (IVG): estimado a través de la fórmula: $IVG = [(N_1 \times 4 + N_2 \times 4 + \dots + N_n \times$

4)/T_n] (Khan y Ungar 1984), número medio de días a germinación total (NMDGT): determinado por la fórmula: $NMDG = [(N_1 \times T_1 + N_2 \times T_2 + \dots + N_n \times T_n)/n]$ (Hartmann *et al.* 1993), donde, N = número de semillas germinadas dentro de los intervalos de tiempo consecutivos; T = tiempo transcurrido entre el inicio de la prueba y el fin del intervalo y n = número de semillas germinadas.

Se realizó el análisis de varianza convencional. Los datos del porcentaje de germinación fueron transformados mediante la fórmula $\sqrt{(X + 3/8)/(n + 3/4)}$ (Zar 1996) y vueltos a transformar hacia los datos originales para propósitos de presentación. Las diferencias entre los tratamientos se detectaron mediante la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan a un nivel de significación del 5%.

Tabla 1. Conformación de los tratamientos en el experimento.

Potencial Osmótico (MPa)	Tratamientos	
	Cultivar de Maíz	Tamaño de Semilla (g)
0	Pioneer 361	< 0,32
	Pioneer 361	0,32 – 0,36
	Pioneer 361	> 0,36
	Himeca 95	< 0,32
	Himeca 95	0,32 – 0,36
	Himeca 95	> 0,36
- 0,328	Pioneer 361	< 0,32
	Pioneer 361	0,32 – 0,36
	Pioneer 361	> 0,36
	Himeca 95	< 0,32
	Himeca 95	0,32 – 0,36
	Himeca 95	> 0,36
- 0,547	Pioneer 361	< 0,32
	Pioneer 361	0,32 – 0,36
	Pioneer 361	> 0,36
	Himeca 95	< 0,32
	Himeca 95	0,32 – 0,36
	Himeca 95	> 0,36

Todos los tratamientos fueron repetidos cuatro veces.

RESULTADOS

El análisis de varianza para el porcentaje de germinación a los 4, 8, 12 y 16 días después de la siembra (dds) mostró un efecto significativo para los factores simples potencial osmótico y cultivar de maíz y para la interacción potencial osmótico x cultivar a los 4 dds y para el efecto individual de los cultivares a los 16 dds (Tabla 2). No existieron diferencias significativas para ninguna de las fuentes de variación en los porcentajes de germinación a los 8 y 12 dds. Los promedios para el porcentaje de germinación a los 4 dds por efecto de la interacción potencial osmótico x cultivar, mostraron una disminución gradual en el porcentaje de germinación por efecto de una disminución del potencial osmótico para el cultivar Himeca 95. Para el cultivar Pioneer 361, el testigo superó a los dos potenciales osmóticos los cuales no difirieron entre sí (Tabla 3). En la solución osmoticante testigo, el Pioneer 361 presentó mayor germinación que el Himeca 95. Sin embargo, en el potencial osmótico de -0,328 MPa se obtuvo lo contrario, por tener el Himeca 95 estadísticamente superior a Pioneer 361. En el potencial osmótico de -0,547 Mpa, ambos cultivares resultaron similares en cuanto al porcentaje de germinación. Se evidenciaron entonces una disminución en el porcentaje de germinación en ambos cultivares por efecto de disminuciones del potencial osmótico con diferencias significativas entre Himeca 95 y Pioneer 361 que tienden a igualarse bajo el $\psi_{os} = -0,547$ Mpa.

Las diferencias no significativas en el porcentaje de germinación a los 8 y 12 dds indicaron que ni los potenciales osmóticos, ni los cultivares, ni el tamaño de las semillas tuvieron influencia, lo que sugiere una disminución del efecto de estas fuentes de variación en el tiempo (Tabla 2). Los promedios generales a los 8 y 12 dds fueron 88,1 y 90,3%, respectivamente. Los promedios para el porcentaje de germinación a los 16 dds para el efecto individual del cultivar mostraron una mayor germinación del cultivar Pioneer 361 en comparación con Himeca 95 (Tabla 4).

El análisis de varianza para el índice de velocidad de la germinación (IVG) basado en los porcentajes a los 4, 8, 12 y 16 dds solo mostró diferencias significativas para el efecto individual del potencial osmótico (Tabla 5). La prueba de separación de medias indica que el IVG fue mayor en el potencial osmótico testigo, en comparación con los otros dos potenciales, sin diferencias significativas entre estos últimos (Tabla 6).

Tabla 2. Análisis de varianza para el porcentaje de germinación de semillas a los 4, 8, 12 y 16 días después de la siembra (dds) de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays*), sembrados en arena y regados con tres soluciones de cloruro de sodio. Datos transformados mediante $\sqrt{(X + 3/8)/(n + 3/4)}$.

Fuente de variación	GL	Cuadrados Medios (DDS)			
		4 dds	8 dds	12 dds	16 dds
Repetición	3	0,921 ^{ns}	0,328 ^{ns}	0,282 ^{ns}	0,220 ^{ns}
Potencial osmótico (P)	2	137,1*	2,349 ^{ns}	0,464 ^{ns}	0,418 ^{ns}
Error(a)	6	0,440	0,486	0,345	0,384
Cultivar de maíz (C)	1	1,893*	0,508 ^{ns}	0,485 ^{ns}	0,744*
P x C	2	4,845*	0,040 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,018 ^{ns}
Error (b)	9	0,102	0,211	0,110	0,139
Tamaño de semilla (T)	2	0,271 ^{ns}	0,064 ^{ns}	0,100 ^{ns}	0,045 ^{ns}
P x T	4	0,092 ^{ns}	0,059 ^{ns}	0,081 ^{ns}	0,102 ^{ns}
C x T	2	0,102 ^{ns}	0,078 ^{ns}	0,098 ^{ns}	0,101 ^{ns}
P x C x T	4	0,153 ^{ns}	0,110 ^{ns}	0,120 ^{ns}	0,151 ^{ns}
Error (c)	36	0,321	0,148	0,097	0,097
Total	71				
C. V. (a) (%)		7,53	5,47	4,56	4,80
C. V. (b) (%)		3,62	3,61	2,58	2,88
C. V. (c) (%)		6,43	3,02	2,42	2,41

GL = Grados de Libertad; *Significativo ($P \leq 0,05$); ^{ns}No significativo ($P > 0,05$).

Tabla 3. Promedios para el porcentaje de germinación a los 4 días después de la siembra de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.) sembrados en arena y regados con tres soluciones de cloruro de sodio.

Potencial Osmótico (MPa)	Porcentaje de Germinación †			
	Cultivares de Maíz			
	Himeca 95		Pioneer 361	
0,0	62,00	Ab	68,33	Aa
-0,328	21,33	Ba	4,67	Bb
-0,547	0,00	Ca	0,00	Ba

† Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($P \leq 0,05$); letras mayúsculas para comparaciones verticales; letras minúsculas para comparaciones horizontales; letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

Tabla 4. Promedios para el porcentaje de germinación a los 16 días después de la siembra de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.) sembrados en arena y regados con tres soluciones de cloruro de sodio.

Cultivares	Porcentaje de germinación †	
Pioneer 361	93,00	A
Himeca 95	89,00	B

† Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($P \leq 0,05$). Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes

Tabla 5. Análisis de varianza para índice de velocidad de germinación (IVG), número medio de días a total germinación (NMDTG), después de la siembra de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), sembrados en arena y regados con tres soluciones de cloruro de sodio.

Fuente de variación	GL	Cuadrados Medios	
		IVG	NMDTG
Repetición	3	4,034 ^{ns}	0,140 ^{ns}
Potenciales osmóticos (P)	2	182,16*	37,420 ^{ns}
Error (a)	6	7,343	0,446
Cultivares de maíz (C)	1	3,556 ^{ns}	0,761 ^{ns}
P x C	2	2,839 ^{ns}	0,830*
Error (b)	9	1,828	0,187
Tamaños de semilla (T)	2	1,430 ^{ns}	0,015 ^{ns}
P x T	4	0,754 ^{ns}	0,046 ^{ns}
C x T	2	0,996 ^{ns}	0,002 ^{ns}
P x C x T	4	2,479 ^{ns}	0,031 ^{ns}
Error (c)	36	1,931	0,207
Total	71		
C. V. (a) (%)		14,66	12,05
C. V. (b) (%)		9,12	7,80
C. V. (c) (%)		7,52	8,21

GL = Grados de Libertad; *Significativo ($P \leq 0,05$); ^{ns}No significativo ($P > 0,05$).

El análisis de varianza para el número medio de días a germinación (NMDTG) basado en los porcentajes a los 4, 8, 12 y 16 dds (Tabla 5) fue significativo únicamente para la interacción potencial osmótico x cultivar. En la prueba de separación de medias para la interacción, se observa que en ambos cultivares el número medio de días a germinación aumentó al disminuir

el potencial osmótico (Tabla 7). Tanto en el potencial osmótico testigo, como en el mayor potencial no se apreciaron diferencias significativas entre los cultivares, pero si con el potencial osmótico de -0,328 MPa, donde el cultivar Himeca 95 presentó el mayor valor.

Tabla 6. Promedios para el índice de velocidad de germinación después de la siembra de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.) sembrados en arena y regados con tres soluciones de cloruro de sodio

Potencial Osmótico (MPa)	Índice de la Velocidad de Germinación †	
0,0	21,49	A
-0,328	17,87	B
-0,547	16,08	B

† Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($P \leq 0,05$). Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

Tabla 7. Promedios para los números medios de días a germinación total después de la siembra de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.) sembrados en arena y regados con tres soluciones de cloruro de sodio.

Potencial Osmótico (MPa)	Números medio de días a total germinación †			
	Cultivares de Maíz			
	Himeca 95		Pioneer 361	
0,0	4,43	Aa	4,35	Aa
-0,328	5,06	Ba	5,69	Bb
-0,547	6,84	Ca	6,90	Ca

† Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($P \leq 0,05$); letras mayúsculas para comparaciones verticales; letras minúsculas para comparaciones horizontales; letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

DISCUSIÓN

Se presentaron interacciones potencial osmótico x cultivar en el porcentaje de germinación a los 4 dds y en el NMDTG, que sugieren la posibilidad de seleccionar entre cultivares tolerantes a la salinidad con el empleo de soluciones de cloruro de sodio con potenciales osmóticos iguales a -0,328 MPa y así emprender un programa de mejoramiento genético para tolerancia a la salinidad; en este sentido, Zhu *et al.* (2005) indican que la investigación científica de la tolerancia al estrés salino desde el punto de vista genético ha sido inconsistente durante muchos años, en parte debido al hecho que la tolerancia a la salinidad había sido considerada como un carácter poligénico, lo que haría del mejoramiento genético de los cultivos para crecer

y producir en ambientes salinos una tarea extremadamente difícil. Esto sin embargo, ha cambiado con el descubrimiento del primer gen esencial para la capacidad de la planta de sobrevivir y crecer en la presencia de NaCl, llamado SOS3 por Salt-Overly-Sensitive-3 en *Arabidopsis* (Zhu *et al.* 2005). Es de resaltar el hecho de que un cultivar que presente mayor germinación que otro bajo condiciones normales de cultivo, puede mostrar inferioridad en tal carácter en condiciones de salinidad, como lo demuestra la superioridad en germinación de Himeca 95 respecto a Pioneer 361 en el testigo, y lo contrario en el potencial osmótico de -0,328 MPa.

De acuerdo a Almansouri *et al.* (2001), la determinación de la germinación potencial de semillas dentro de un mismo cultivar en condiciones salinas puede mostrarse como un parámetro simple y conveniente por varias razones. Primero, la tolerancia a la salinidad en este estado ha demostrado ser una característica heredable que puede usarse como un criterio sólido para la selección de poblaciones tolerantes, a pesar de ser un carácter poligénico ligado a complejas bases genéticas, las cuales son muy afectadas por las condiciones ambientales que pueden enmascarar la expresión de la tolerancia a la salinidad. Segundo, las semillas y plántulas jóvenes están frecuentemente enfrentadas a mayores niveles de salinidad que aquellas plantas ya establecidas y creciendo vigorosamente, debido a que la germinación usualmente ocurre en la superficie del suelo que acumula sales solubles como resultado de la evaporación y elevación capilar del agua, es decir, en la medida que el agua se mueve hacia la superficie del suelo moviliza sales que se acumulan en esta al evaporarse el agua.

Los resultados de este estudio muestran que se presentó una disminución en la germinación por efecto de una disminución del potencial osmótico; resultados similares han sido reportados anteriormente por distintos autores: Méndez *et al.* (2002), al trabajar en condiciones de laboratorio con potenciales osmóticos (0, 3, 6, 9 y 12 bares) creados con cloruro de sodio y su efecto en tres cultivares de maíz (Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031), observaron que el porcentaje de germinación se incrementó 8,4% a 3 bares, para luego disminuir con una disminución del potencial. A un potencial osmótico de 12 bares la germinación se redujo en 84,7%. Loureiro Soares *et al.* (2002) indicaron que las cantidades excesivas de sales solubles en el suelo causan una disminución en el potencial osmótico y en consecuencia, una disminución en el gradiente del potencial hídrico entre el suelo y las semillas. Esto hace difícil la absorción de agua por la semilla y dependiendo de la intensidad del estrés salino, puede causar un retardo del período de germinación (como se observó en este ensayo) o la inhibición del proceso. Además, la excesiva absorción de

iones tales como Na y Cl causa una disminución en la respiración y en la actividad de algunas enzimas envueltas en la germinación como lo ha reportado Azimov (1973), limitando la capacidad de la energía para los procesos de división celular y el desarrollo del eje embrionario.

La inhibición inducida por las sales en la germinación de semillas podría ser atribuida al estrés osmótico o a la toxicidad específica del ión. Sin embargo, según Almansouri *et al.* (2001), no está claro si estos dos componentes del estrés salino tienen efectos similares sobre las propiedades fisiológicas de la semilla asociadas con la germinación y si su relativa importancia es la misma en todos los genotipos, es decir, si un genotipo es más afectado por el estrés osmótico o por la toxicidad iónica que otro. Por otra parte, el efecto significativo de la salinidad del agua, aumentando el número de días para la germinación puede estar relacionado con una reducción del potencial osmótico de la solución del suelo (ψ_o), causada por el incremento de las sales solubles en el sustrato, resultando en una disminución de la disponibilidad hídrica del suelo y dificultando el proceso de absorción de agua por las semillas (Bezerra *et al.* 2002). Bayuelo-Jiménez *et al.* (2002) indican que el estrés salino puede afectar la germinación de las semillas a través de los efectos osmóticos o por la toxicidad iónica y que los estudios fisiológicos para distinguir entre los dos efectos son limitados, pero la evidencia sugiere que un bajo potencial hídrico del medio de germinación es el principal factor limitante.

Diferencias en la germinación entre cultivares de maíz por efecto de soluciones salinas han sido señaladas por Méndez *et al.* (2002), quienes evaluaron soluciones de cloruro de sodio y su efecto en los cultivares de maíz Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031, y encontraron que para el porcentaje de germinación, se observó que Cargill 633 e Himeca 2003 presentaron porcentajes similares entre sí, pero superiores a aquellos de Pioneer 3031.

El tamaño de la semilla no influyó la germinación de manera individual o interactuando con el potencial osmótico ni con el cultivar. Resultados similares fueron reportados por Soltani *et al.* (2002), para el efecto del tamaño de la semilla (grande, mediana y pequeña) y la salinidad (potencial osmótico de 0; -0,3; -0,6 y -0.9 MPa) sobre la germinación de dos genotipos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.), Jam y Kaka, encontrando que no había efecto del tamaño de la semilla sobre la germinación máxima total, el tiempo requerido para alcanzar la mitad de la tasa de germinación y la uniformidad de la germinación.

Por otra parte es necesario aclarar que un cultivar que muestre tolerancia a la salinidad durante la germinación puede no tenerla posteriormente durante el crecimiento de la planta. Esta variación en el comportamiento de los cultivares indica la necesidad de efectuar ensayos de mayor duración que proporcionen información sobre lo que ocurre en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo. Una vez realizadas las evaluaciones a nivel de laboratorio y umbráculo, es necesario verificar si los efectos se mantienen bajo condiciones de campo en las restantes etapas del ciclo de crecimiento del cultivo, de manera de validar la metodología propuesta para el sondeo de genotipos tolerantes y/o resistentes a condiciones desfavorables de salinidad.

CONCLUSIONES

- 1) El sondeo inicial de los cultivares Pioneer 361 e Himeca 95 para tolerancia a la salinidad puede realizarse utilizando pruebas de germinación con soluciones de cloruro de sodio con un potencial osmótico de -0,328 MPa.
- 2) Pioneer 361 resultó ser más tolerante a la salinidad que Himeca 95.
- 3) El tamaño de la semilla no influyó el proceso de germinación en ninguna de las condiciones de estrés salino de este estudio.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, Venezuela y al Postgrado en Agricultura Tropical del Núcleo Monagas de la Universidad de Oriente.

LITERATURA CITADA

- ALMANSOURI, M., J. KINET Y S. LUTTS. 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil* 231: 243–254.
- AZCON-BIETO, J. Y M. TALON. 1993. Fisiología y bioquímica vegetal. Interamericana McGraw-Hill, Madrid, España, pp. 537–539.
- AZIMOV, R. A. 1973. Effects of calcium on dehydrogenase activity in cotton seed germinated in chloride salinity. *Voprosy Solenstevichivast Rastenii*, Vol. 1, pp. 181–188.
- BAYUELO-JIMÉNEZ, J. S., R. CRAIG Y J. P. LYNCH. 2002. Salinity tolerance of *Phaseolus* species during germination and early seedling growth. *Crop Sci.* 42: 1584–1594.
- BERNSTEIN, L. Y A. D. AYERS. 1953. Salt tolerance of five varieties of carrots. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 61: 360–366.
- BEZERRA, I. L., H. R. GHEYI, P. D. FERNANDES, F. J. S. SANTOS, M. T. GURGEL Y R. G. NOBRE. 2002. Germinação, formação de porta-enxertos e enxertia de cajueiro

- anão precoce, sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 6(3): 420–424.
- DAUBENMIRE, R. F. 1990. *Ecología vegetal*. Limusa. México. p. 66.
- ELLIS, R. H. Y E. H. ROBERTS. 1980. Towards a national basis for testing seed quality. Pp. 605–635, *en* Seed production. Editor Paul Dennis Hebblethwaite, Butterworths & Co (Publishers), Ltd, London, United Kingdom.
- HARTMANN, H. T., D. E. KESTER Y F. T. DAVIES. 1993. *Plant propagation principles and practices* (6 ed.). Prentice-Hall, New Delhi, India. 647 pp.
- KHAN, M. Y I. UNGAR. 1984. The effect of salinity and temperature on the germination of polymorphic seeds and growth of *Atriplex triangularis* Willd. *American Journal of Botany* 71: 481–489.
- LOUREIRO-SOARES, F. A., R. H. GHEYI, S. B. ASSIS-VIANA, C. A. UYEDA Y P. D. FERNANDES. 2002. Water salinity and initial development of yellow passion fruit. *Scientia Agrícola* 59(3): 491–497.
- MARTÍNEZ-A., L. E. 1999. Efecto de la temperatura y del contenido de agua del suelo en la germinación y crecimiento inicial en dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.) con diferentes contenidos de humedad inicial en las semillas. Tesis de Maestría, Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Venezuela, 86 pp.
- MÉNDEZ-N., J. R., F. T. IBARRA-P. Y J. F. MERAZO-P. 2002. Germinación de semillas y desarrollo de plántulas de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) bajo soluciones osmóticas I. Cloruro de sodio. VI Festival del Maíz. VI Jornada Científica Nacional del Maíz, del 20 al 23 de noviembre 2002, Maracay, Estado Aragua. On line: www.Trabajos\carteles\tecnosemilla\jmendezsodio.htm. (revisado Feb. 06).
- MUSGROVE, M. E., D. A. PRIESTLEY Y A. C. LEOPOLD. 1980. Methanol stress as a test of seed vigor. *Crop Sci.* 20(5): 626–630.
- PEARSON, G. A., A. D. AYERS Y D. L. EBERHARD. 1966. Relative salt tolerance of rice during germination and early seedling development. *Soil Sci.* 102: 151–156.
- SALISBURY, F. Y C. ROSS. 1992. *Fisiología de las plantas*. Thomson Learning, España, pp. 69–70.
- SOLTANI, A., S. GALESHI, E. ZEINALI Y N. LATIFI. 2002. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. *Seed Science and Technology* 30(1): 51–60.
- VASUDEVAN, V. Y V. BALASUBRAMANIAN. 1965. Germination in osmotic solutions an index of drought resistance in sorghum. *Madras Agri. J.* 52: 386–390.
- WONG-R., L. A. 2002. Efecto de cinco potenciales osmóticos creados con NaCl y sacarosa comercial sobre la germinación de las semillas y desarrollo inicial de las plántulas de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.). Trabajo de Grado, Escuela de Ingeniería Agronómica, Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Venezuela, pp. 14–94.
- ZAR, J. 1996. *Biostatistical analysis* (3 ed.). Prentice-Hall International, Inc., New York, USA, 662 pp.
- ZHU, J. K., R. A. BRESSAN, M. HASEGAWA, J. M. PARDO Y H. J. BOHNERT. 2005. Salt and crops: Salinity tolerance. P. 13, *en* Success Stories in Agriculture. Council for Agricultural Science and Technology, Autumn/Winter.