

INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE LA SEMILLA DE MAÍZ (*ZEA MAYS* L.) EN EL CRECIMIENTO DE LA PLÁNTULA EN CONDICIONES DE SALINIDAD

INFLUENCE OF CORN (*ZEA MAYS* L.) SEED SIZE ON SEEDLING GROWTH UNDER SALINE CONDITIONS

José A. Laynez-Garsaball¹; Jesús Rafael Méndez-Natera¹; Juliana Mayz-Figueroa²

RESUMEN

Este trabajo empleó soluciones creadas con cloruro de sodio para simular los potenciales osmóticos de suelos salinos estudiados en una anterior investigación. El objetivo fue evaluar el crecimiento a partir de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz, bajo tres condiciones de salinidad. La siembra se efectuó en bandejas de aluminio, empleando 10 kg arena/bandeja y 50 semillas, regadas diariamente (250 ml/bandeja) con solución salina. El diseño estadístico fue el de parcelas divididas con cuatro repeticiones, siendo la parcela principal los potenciales osmóticos (0, -0,328 y -0,547 MPa), las subparcelas los dos cultivares de maíz (Himeca 95 y Pioneer 361) y las subsubparcelas los tres tamaños de semillas (< 0,32 g; ≥ 0,32 - 0,36 g ≤ y > 0,36 g). La cosecha se efectuó a los 16 días después de la siembra. Se evaluaron: altura de la plántula, longitud de la radícula, volumen de la radícula, peso fresco y seco del vástago y de la radícula, relación altura de la plántula/longitud de la radícula, relación peso seco del vástago/peso seco de la radícula. Se realizó el análisis de varianza y las medias se separaron mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan. El nivel de inferencia fue 5%. El menor potencial osmótico del agua de riego causó una disminución del crecimiento de las plántulas de maíz. Durante los primeros días de crecimiento de las plántulas Himeca 95 pareció superar a Pioneer 361 pero al final ocurrió lo contrario. Existió superioridad en el crecimiento de la radícula de las plántulas originadas a partir de semillas grandes, aunque esta se perdió al disminuir el potencial osmótico, sugiriendo que el uso de semillas grandes puede representar una ventaja en suelos no salinos.

Palabras clave: Maíz, salinidad en arena, tamaño de semilla.

ABSTRACT

Seedling growth was studied from three seed size of two corn cultivars sowed in sand and watered with three saline solutions created with sodium chloride to simulate osmotic potentials of saline soils previously studied. Sowing was carried out in aluminum trays using 10 kg of sand and 50 seeds, watered daily (250 ml/tray) with saline solution. A split-split-plot design was used with four replications, main plots were constituted for the osmotic potentials (0, -0.328 and -0.547 MPa), sub-plots were the two corn cultivars (Himeca 95 and Pioneer 361) and sub-sub-plots were two seed sizes (< 0.32 g; ≥ 0.32 - 0.36 g ≤ and > 0.36 g). The following evaluations were recorded at 16 day after sowing: seedling height, root length, root volume, dry and fresh weight of shoot and radicle, seedling height: root length ratio and dry shoot weight: dry root weight ratio. An analysis of variance and Duncan's multiple range test were carried out. The inference level was 5%. The decreased osmotic potential of the irrigation water decreased the general seedling growth of corn cultivars. During the first days of growing, Himeca 95's seedlings outyielded Pioneer ones, but at the end of the experiment this was reverted, id est, Pioneer seedlings were superior. Seedlings from biggest seeds produced larger radicles than smallest ones, although this was not true with decreased osmotic potential, suggesting that the use of big corn seeds could represent an advantage in non saline soils.

Key words: Corn, salinity in sand culture, seed size.

¹ Escuela de Ingeniería Agronómica. Núcleo Monagas. Universidad de Oriente. Avenida Universidad, Campus Los Guaritos. Maturín, 6201. Monagas, Venezuela.

² Postgrado en Agricultura Tropical, Núcleo Monagas, Universidad de Oriente, Campus Juanico. Maturín, 6201. E-mails: jalaynezg@yahoo.es, jmendezn@cantv.net y julianamays@cantv.net

INTRODUCCIÓN

La salinización de los suelos es un proceso que tiene lugar principalmente en zonas semiáridas y áridas, y en zonas bajas con mal drenaje. Puede ser natural o inducido por el hombre por uso inadecuado del agua de riego. Presenta dos componentes que afectan el crecimiento, un componente osmótico: la elevada concentración salina provoca un descenso del potencial hídrico del suelo (las sales hacen disminuir el potencial osmótico del agua del suelo, cuyo valor absoluto se hace cada vez mayor); es decir, se hace más negativo, aunque aumenta en valor absoluto, lo cual induce estrés hídrico en las plantas y consecuentemente se inhibe el crecimiento y puede haber paso de agua de la planta al suelo (plasmolisis). Un componente iónico: determinados iones son tóxicos para las glicófitas (la inmensa mayoría de las plantas cultivadas). El efecto ión específico aumenta la concentración de algunos iones que afectan a la fisiología de la planta, por resultar tóxicos o provocar desequilibrios en el metabolismo de nutrimentos. Entre los iones tóxicos más abundantes se encuentran el Cl^- y el Na^+ , aunque otros iones (NO_3^- , SO_4^{2-} , NH_4^+) también pueden producir toxicidad (Azcon-Bieto y Talon, 1993, y Porta *et al.*, 1999).

En Venezuela, el maíz (*Zea mays* L.) es un producto de consumo masivo. Con una gran superficie sembrada, prácticamente se le puede encontrar en cualquier parte de nuestro territorio, y es uno de los pocos cultivos con producción comercial de semillas. Es por estas razones que se ha de considerar de gran importancia evaluar genotipos para la tolerancia a la salinidad, entre otros estreses.

En la Figura 1 se presenta una primera aproximación sobre la ubicación y delimitación de las zonas con problemas actuales o potenciales de salinidad de los diferentes tipos: (a) Suelos actual o potencialmente "salinos"; (b) Suelos actual o potencialmente "salino-sódicos" o "sódicos", y (c) Suelos actual o potencialmente "salino-ácidos". Su ubicación y características se basan tanto en observaciones y mediciones directas como en diagnósticos (Pla Sentis, 1985). En la Figura 1 se aprecia una superficie considerable de suelos actual o potencialmente con problemas de salinidad, es decir, este problema no debe tomarse a la ligera y buscar las posibles soluciones, una de ellas es la evaluación de materiales genéticos de maíz en la búsqueda de tolerancia al estrés salino, así como

también la evaluación de diferentes metodologías que permitan discriminar de manera efectiva, rápida y económica entre genotipos para tolerancia a la salinidad.

Las pruebas de calidad de semillas se dirigen a tratar de predecir: la vida de almacenamiento de un lote de semillas o su calidad después de un período especificado, la emergencia en el campo después de la siembra y el subsiguiente vigor de las plántulas y el rendimiento final del cultivo (Ellis y Roberts, 1980). La técnica mayormente usada es la del envejecimiento acelerado; sin embargo, es cuestionada por la falta de estandarización (diferencias en humedad de la semilla, temperatura y duración del tratamiento (Musgrove *et al.*, 1980)), lo que origina que pequeñas diferencias en el tratamiento de envejecimiento usado den lugar a variaciones en el vigor. Aparte es de mencionar que la técnica de envejecimiento acelerado no permite estudiar el efecto del estrés por salinidad.

Un método sencillo, que no requiere de equipos especializados para identificar semilla de buena calidad y que permite a la vez evaluar el efecto del estrés salino, es el empleo de compuestos o productos comerciales para simular bajo condiciones de laboratorio el estrés por salinidad: sulfato de sodio y cloruro de sodio (Martínez, 1999; Wong, 2002; Méndez *et al.*, 2002). El método se basa en el hecho de que una semilla que tenga capacidad para germinar y emerger bajo condiciones de estrés salino es indicativo de un potencial genético para la tolerancia a la sal, al menos en esta etapa del ciclo de vida (Bernstein y Ayers, 1953, y Pearson *et al.*, 1966).

Por otro lado, el tamaño de la semilla induce variaciones en la germinación y en el crecimiento de las plántulas dentro de un mismo genotipo, atribuidas a la influencia del tamaño de la semilla en la tolerancia a estas condiciones, como lo demuestra la investigación sobre el efecto del estrés por salinidad, en genotipos de garbanzo realizada por Galeshi *et al.*, 2001, lo que abre la posibilidad de pensar en la selección de semilla de un tamaño específico que brinde mayor tolerancia al estrés salino, al menos durante la primera etapa del cultivo. Esta investigación se realizó para evaluar el efecto de soluciones salinas creadas con cloruro de sodio, sobre el crecimiento de plántulas a partir de diferentes tamaños de semilla de dos cultivares de maíz, empleando arena como sustrato en condiciones de umbráculo.

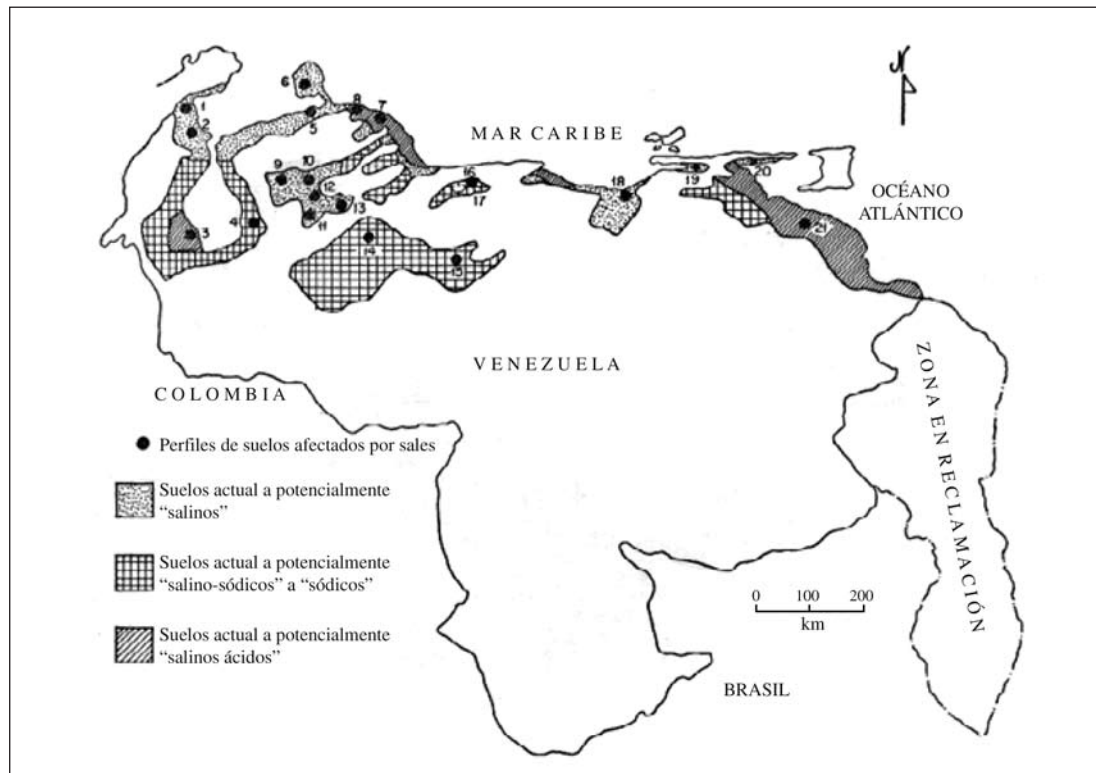


Figura 1. Zonas con suelos actual o potencialmente afectados por sales en Venezuela (Pla Sentis, 1985).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo fue realizado en el umbráculo del Postgrado en Agricultura Tropical de la Universidad de Oriente, Edo. Monagas, Venezuela.

CULTIVARES, CRIBAJE DE LA SEMILLA

Dos kilogramos de semillas certificadas de los cultivares comerciales de maíz Himeca 95 y Pioneer 361, con un contenido de humedad promedio de 12%, tratadas con Vitavax 200 F (carboxin 17% + thiram 17%), para prevenir el crecimiento de hongos durante la germinación, fueron sometidas a un proceso de selección y separadas en base al peso individual, en tres intervalos de peso, en lotes de 300 semillas: $< 0,32$ g, $\geq 0,32 - 0,36 \leq$ g, y $> 0,36$ g.

SUBSTRATO, SOLUCIONES SALINAS

Arena lavada de río no esterilizada fue 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 suelos salinos estudiados en un primer trabajo. Tales potenciales osmóticos se crearon agregando una cantidad en gramos de cloruro de sodio comercial en un litro de agua de acuerdo a la concentración molar requerida para obtener el potencial osmótico deseado (0 g/L, 4,24 g/L y 7,06 g/L, para $\psi_{os} 1 = 0$ MPa (Testigo); $\psi_{os} 2 = -0,328$ MPa, y $\psi_{os} 3 = -0,547$ MPa, respectivamente) según la ecuación de J. H. van't Hoff (Salisbury y 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.

SIEMBRA, DISEÑO EXPERIMENTAL

La siembra se llevó a cabo en bandejas. Una cantidad de arena equivalente a 10 k fue colocada en cada una de las 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 para eliminar el exceso de desinfectante. Un total de 25 semillas por cada unidad experimental (repetición, potencial osmótico, cultivar, tamaño de la semilla) fueron distribuidas en 5 hileras de 5 semillas c/u (distancia entre plantas 3,7 cm y entre semillas 4,0 cm) y a 3,0 cm de profundidad, fueron sembradas en la arena. Diariamente se efectuaron riegos de 250 ml de solución salina/bandeja.

Se empleó el diseño estadístico de parcelas divididas con cuatro 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 subsubparcelas, los tres tamaños de las semillas ($< 0,32$ g $\geq 0,32 - 0,36$ g y $> 0,36$ g).

VARIABLES MEDIDAS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las respuestas de los cultivares de maíz a los distintos tratamientos fueron evaluadas a través de los siguientes parámetros: Altura de la plántula (cm): evaluada a los 4, 8, 12 y 16 días después de la siembra (dds), en función de la hoja de mayor longitud (desde el suelo hasta el ápice de la hoja extendida). El resto de los parámetros de crecimiento fueron estimados a los 16 días: Longitud radicular (cm): a partir de la raíz de mayor longitud (desde el cuello del vástago hasta el meristema apical de la misma), Volumen radicular (ml): estimado mediante el desplazamiento de agua producto de la inmersión de la raíz, Pesos frescos del vástago y la radícula (g), Pesos secos del vástago y la radícula (g): secados en estufa a 70° C por 72 h, Relación altura de la plántula/longitud radicular y Relación peso seco del vástago/peso seco radicular.

Los resultados fueron sometidos al análisis de varianza convencional y en los casos en que fue necesario transformar los datos de los caracteres de crecimiento se utilizó la fórmula $\sqrt{(X + 0,5)}$. Las diferencias entre los promedios se determinaron por medio de la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5% de probabilidad.

RESULTADOS

ALTURA DE LA PLÁNTULA (CM)

Los análisis de varianza para la altura de la plántula a los 4, 8, 12 y 16 dds (Tabla 1) muestran diferencias significativas para los efectos simples potencial osmótico y tamaño de la semilla y para la interacción potencial osmótico por cultivar de maíz a los 4, 8, 12 y 16 dds, así como para el efecto simple cultivar de maíz a los 4 dds. Las fuentes de variación restantes no presentaron diferencias significativas.

Al analizar la interacción Potencial osmótico por cultivar, las alturas de las plántulas a los 4, 8, 12 y 16 dds (Tabla 2) presentan tendencia a disminuir con disminuciones del potencial osmótico en ambos cultivares. A los 4 dds Himeca 95 y Pioneer 361 desarrollaron la mayor altura en la solución osmótica testigo, siendo similares estadísticamente entre sí. En el $\psi_{os} = -0,328$ MPa la mayor altura fue para Himeca 95, mientras que para el $\psi_{os} = -0,547$ MPa, no hubo diferencias significativas para este parámetro. A los 8 dds la mayor altura fue alcanzada por ambos cultivares en la solución testigo, sin diferencias estadísticas entre éstos. En el $\psi_{os} = -0,328$ MPa Himeca 95 resultó superior en altura a Pioneer 361, en tanto que a $\psi_{os} = -0,547$ MPa no se apreciaron diferencias estadísticas entre ambos cultivares. A los 12 dds Himeca 95 y Pioneer 361 presentaron la mayor altura en el testigo, sin diferir estadísticamente entre sí. En el $\psi_{os} = -0,328$ MPa tampoco se presentó diferencia para la altura entre los cultivares, pero sí existió para el $\psi_{os} = -0,547$ MPa, donde la mayor altura la manifestó el cultivar Pioneer. A los 16 dds continúa decreciendo la altura al disminuir el potencial osmótico. La mayor altura se presenta en el testigo, sin diferencias entre los cultivares. En el $\psi_{os} = -0,328$ MPa la altura no difiere entre ambos cultivares. En el $\psi_{os} = -0,547$ MPa, Pioneer 361 fue superior a Himeca 95. Se observó una disminución similar con respecto al control entre los dos cultivares para la altura de la plántula a los 16 días (37,93 y 36,01% para Himeca 95 y Pioneer 361, respectivamente) a $-0,328$ MPa, pero en el menor potencial ($-0,547$ MPa) Pioneer 361 fue más tolerante a la salinidad con una disminución de 58,38% en comparación con Himeca 95 (66,93% de reducción).

Tabla 1

Análisis de varianza para la altura de las plántulas (cm) 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* L.), sembrados en arena y regados con tres soluciones osmóticas de cloruro de sodio. Datos transformados mediante $\sqrt{(X+0,5)}$ para los porcentajes de germinación a los 4 DDS

Fuente de variación	GL	Cuadrados Medios (DDS)			
		4	8	12	16
Repetición	3	0,009 ns	1,619 ns	7,992 ns	30,785 ns
Potencial osmótico (P)	2	1,956 *	630,07 *	1890,86 *	3128,8 *
Error (a)	6	0,006	1,417	2,366	12,171
Cultivar de maíz (C)	1	0,346 *	0,329 ns	5,401 ns	8,799 ns
P x C	2	0,128 *	5,750 *	17,665 *	21,027 *
Error (b)	9	0,007	0,831	1,398	3,910
Tamaño de semilla (T)	2	0,017 *	4,150 *	15,323 *	32,890 *
P x T	4	0,008 ns	0,545 ns	2,021 ns	7,819 ns
C x T	2	0,008 ns	0,384 ns	0,338 ns	7,522 ns
P x C x T	4	0,007 ns	0,302 ns	0,956 ns	4,268 ns
Error (c)	36	0,005	0,890	1,408	3,643
Total	71				
C. V. (a) (%)		8,14	12,43	8,31	14,42
C. V. (b) (%)		8,69	9,52	6,39	8,17
C. V. (c) (%)		7,07	9,85	6,41	7,89

GL = Grados de Libertad; *: Significativo ($p \leq 0,05$); ns: No significativo ($p > 0,05$).

Tabla 2

Promedios para las alturas de las plántulas (cm) 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 osmóticas de cloruro de sodio

Potencial Osmótico (MPa)	Altura de la plántula (cm) †							
	Días después de la siembra							
	4	8	12	16	4	8	12	16
	Cultivares de maíz							
	H 95	P 361	H 95	P 361	H 95	P 361	H 95	P 361
0	1,30 Aa	0,96 Ab	14,78 Aa	14,90 Aa	28,00 Aa	27,82 Aa	36,65 Aa	35,80 Aa
-0,328	0,69 Ba	0,14 Bb	9,88 Ba	8,66 Bb	17,69 Ba	17,01 Ba	22,75 Ba	22,91 Ba
-0,547	0,00 Ca	0,00 Ba	4,26 Ca	4,95 Ca	9,02 Cb	11,53 Ca	12,12 Cb	14,90 Ca

† Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$).

Letras mayúsculas para las comparaciones verticales.

Letras minúsculas para las comparaciones horizontales.

Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

H 95: Himeca 95 y P 361: Pioneer 361.

LONGITUD DE LA RADÍCULA (cm)

El análisis de varianza para la longitud de la radícula a los 16 dds (Tabla 3) refleja significación estadística únicamente para el efecto simple del potencial osmótico y para la interacción cultivar x tamaño de la semilla. La prueba de medias (Tabla 4) señala disminuciones en la longitud de las radículas originadas de semillas de distinto tamaño conforme disminuye el potencial osmótico. Las radículas más grandes se desarrollaron en el testigo, correspondiendo la mayor longitud a las radículas provenientes de las semillas más grandes. En los potenciales osmóticos de $-0,328$ y $-0,547$ MPa no se apreciaron diferencias significativas entre las longitudes de las radículas en los distintos tamaños de semilla. La reducción en la longitud de la radícula fue mayor en las semillas más grandes (49,88%) en comparación con las semillas pequeñas e intermedias (42,67 y 42,91%, respectivamente) a $-0,328$ MPa, pero en el menor potencial osmótico ($-0,547$ MPa) los tres tamaños de semillas tuvieron una reducción similar alrededor de 68%.

VOLUMEN RADICULAR (ml)

En la Tabla 3 es mostrado el análisis de varianza el cual arrojó significación estadística sólo para el efecto individual del potencial osmótico y el efecto individual del tamaño de la semilla. La prueba de promedios para el factor potencial osmótico (Tabla 5) muestra un mayor volumen radicular para las plántulas crecidas en el testigo, seguido por el de las que crecieron en el $\psi_{os} = -0,328$ MPa, y el $\psi_{os} = -0,547$, sin diferencias significativas entre sí para esas últimas. Al estudiar el efecto del tamaño de las semillas (Tabla 6), los mayores volúmenes correspondieron a las raíces derivadas de las semillas de mediano y mayor tamaño. El volumen radicular se redujo de manera lineal en 24,34 y 46,03% a $-0,328$ y $-0,547$ MPa, respectivamente

PESO FRESCO DEL VÁSTAGO (g)

El análisis de varianza del peso fresco del vástago a los 16 dds (Tabla 3) señala efecto significativo para los efectos individuales del potencial osmótico,

Tabla 3

Análisis de varianza para longitud de la radícula (LR) (cm), volumen de la radícula (VR) (ml), peso fresco del vástago (PFV) (g) y peso fresco de la radícula (PFR) (g) 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 osmóticas de cloruro de sodio

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios			
		LR (cm)	VR (ml)	PFV (g)	PFR (g)
Repetición	3	28,535 ns	0,076 ns	0,057 ns	0,142 ns
Potencial osmótico (P)	2	4654,4 *	4,487 *	4,548 *	2,275 *
Error (a)	6	38,346	0,400	0,030	0,283
Cultivar de maíz (C)	1	0,067 ns	0,036 ns	0,221 *	0,032 ns
P x C	2	7,626 ns	0,088 ns	0,047 *	0,114 *
Error (b)	9	6,296	0,041	0,009	0,015
Tamaño de semilla (T)	2	8,237 ns	0,239 *	0,135 *	0,521 *
P x T	4	12,650 *	0,075 ns	0,023 *	0,020 ns
C x T	2	5,610 ns	0,001 ns	0,006 ns	0,000 ns
P x C x T	4	4,746 ns	0,038 ns	0,007 ns	0,004 ns
Error (c)	36	4,681	0,039	0,005	0,011
Total	71				
C. V. (a) (%)		24,96	43,91	18,62	38,60
C. V. (b) (%)		10,11	14,06	10,20	8,89
C. V. (c) (%)		8,72	13,71	7,60	7,61

GL = Grados de Libertad; *: Significativo ($p \leq 0,05$); ns: No significativo ($p > 0,05$).

Tabla 4

Promedios para la longitud de la radícula (cm) 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 osmóticas de cloruro de sodio

Potencial Osmótico (MPa)	Longitud de la radícula (cm) †					
	Tamaño de la semilla de maíz					
	< 0,32		≥ 0,32– 0,36 ≤		> 0,36	
0	38,67	Ab	39,21	Ab	42,08	Aa
-0,328	22,17	Ba	22,38	Ba	21,09	Ba
-0,547	12,33	Ca	12,19	Ca	13,30	Ca

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

Tabla 5

Promedios para el volumen de la radícula (VR) (ml), peso seco del vástago (PSV) (g) y relación peso seco del vástago/peso seco de la radícula (RPSV/PSR) 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 osmóticas de cloruro de sodio

Potencial Osmótico (MPa)	VR (ml)	PSV (g)	RPSV/PSR	Cultivar de maíz	PSV (g)	RPSV/PSR
0	1,89 A	0,900 A	0,50 A	Pioneer 361	0,068 A	0,35 A
-0,328	1,43 B	0,054 B	0,26 B	Himeca 95	0,054 B	0,28 B
-0,547	1,02 B	0,039 C	0,20 B			

† Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$).
 Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes dentro de una misma columna.

Tabla 6

Promedios para el volumen de la radícula (VR) (ml), peso fresco de la radícula (PFR) (g) y peso seco de la radícula (PSR) (g) 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 osmóticas de cloruro de sodio

Tamaño de la semilla (g)	VR (ml)	PFR (g)	PSR (g)
> 0,36	1,53 A	1,50 A	0,232 A
≥ 0,32-0,36 ≤	1,46 A	1,35 B	0,200 B
< 0,32	1,34 B	1,20 C	0,187 B

† Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$). Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes dentro de una misma columna.

cultivar de maíz y tamaño de la semilla y para las interacciones potencial osmótico x cultivar de maíz y potencial osmótico x tamaño de la semilla.

Al estudiar la interacción Potencial osmótico por Cultivar (Tabla 7) se observa una reducción del peso fresco del vástago con una disminución

del potencial osmótico. El peso fresco en el testigo fue superior en el cultivar Pioneer 361. En el $\psi_{os} = -0,328$ no se apreciaron diferencias estadísticas entre los cultivares, pero sí en el $\psi_{os} = -0,547$, donde nuevamente el mayor peso fresco fue para el cultivar Pioneer 361.

Tabla 7

Promedios para el peso fresco del vástago (g) 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 osmóticas de cloruro de sodio

Potencial Osmótico (MPa)	Peso fresco del vástago (g) †									
	Cultivares de maíz					Tamaño de la semilla de maíz				
	Himeca 95		Pioneer 361		< 0,32	≥ 0,32 - 0,36 ≤	> 0,36			
0	1,24	Ab	1,45	Aa	1,25	Ab	1,29	Ab	1,50	Aa
-0,328	0,87	Ba	0,89	Ba	0,83	Bb	0,88	Bab	0,94	Ba
-0,547	0,42	Cb	0,53	Ca	0,46	Cab	0,44	Cb	0,52	Ca

† Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$).

Letras mayúsculas para las comparaciones verticales.

Letras minúsculas para las comparaciones horizontales.

Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

En la interacción Potencial osmótico por tamaño de la semilla (Tabla 7) se aprecia una disminución del peso fresco con reducciones del potencial osmótico en los tres tamaños de semilla. En el testigo el mayor peso fresco del vástago fue alcanzado por las plántulas provenientes de las semillas del mayor tamaño probado ($> 0,36$ g). En el $\psi_{os} = -0,328$ MPa el mayor peso fresco correspondió a las semillas de mediano y mayor tamaño ($\geq 0,32 - 0,36 \leq$ g, $> 0,36$ g, respectivamente). En el $\psi_{os} = -0,547$ MPa, el peso fresco fue mayor en las semillas del menor ($< 0,32$ g) y mayor ($> 0,36$ g) tamaño, estadísticamente iguales entre sí y superiores a las de tamaño mediano.

PESO FRESCO DE LA RADÍCULA (g)

El análisis de varianza para el peso fresco de la radícula muestra diferencias significativas para los efectos simples del potencial osmótico y el tamaño de la semilla y para la interacción potencial osmótico por cultivar de maíz (Tabla 3).

La interacción Potencial osmótico por Cultivar (Tabla 8) muestra que los cultivares Himeca 95 y Pioneer 361 tuvieron un comportamiento semejante. En ambos cultivares el peso fresco para la radícula fue estadísticamente similar entre el potencial osmótico de referencia y el $\psi_{os} = -0,328$ MPa (aunque decrecientes entre el primero y el segundo) y superiores al peso fresco en el $\psi_{os} = -0,547$ MPa. En el potencial osmótico testigo las plántulas con mayor peso fresco de la radícula fueron las del cultivar Pioneer 361, mientras que

en los potenciales osmóticos de $-0,328$ y $-0,547$ MPa no se observaron diferencias significativas entre los cultivares.

Al analizar el efecto individual tamaño de las semillas (Tabla 6) se observa que los mayores pesos frescos de las raíces se correspondieron con las plántulas originadas a partir de semillas de mayor tamaño, existiendo una relación directamente proporcional entre el peso fresco de la radícula y el tamaño de la semilla.

PESO SECO DEL VÁSTAGO (g)

El análisis de varianza para el peso seco del vástago a los 16 dds (Tabla 9) refleja significación estadística únicamente para los efectos individuales potencial osmótico y cultivar. La prueba de medias para la fuente de variación potencial osmótico (Tabla 5) señala disminuciones en el peso seco del vástago producto de disminuciones del potencial osmótico. El análisis del factor cultivar (Tabla 5) denota mayores pesos secos del vástago para el cultivar Pioneer 361. Este carácter fue el más afectado por la salinidad, debido a que se obtuvieron reducciones de 94,00 y 95,67% a $-0,328$ y $-0,547$ MPa, respectivamente.

PESO SECO DE LA RADÍCULA (g)

En la Tabla 9 se muestra el análisis de varianza para el peso seco de la radícula a los 16 dds, el cual arrojó significación estadística sólo para el factor tamaño de la semilla. La prueba de promedios

Tabla 8

Promedios para el peso fresco de la radícula (g) 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 osmóticas de cloruro de sodio

Potencial Osmótico (MPa)	Peso fresco de la radícula (g) †			
	Cultivares de maíz			
	Himeca 95		Pioneer 361	
0	1,53	Ab	1,73	Aa
-0,328	1,43	Aa	1,36	Ba
-0,547	1,01	Ba	1,02	Ba

† Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($p \leq 0,05$).

Letras mayúsculas para las comparaciones verticales.

Letras minúsculas para las comparaciones horizontales.

Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

Tabla 9

Análisis de varianza para el peso seco del vástago (PSV) (g), peso seco de la radícula (PSR) (g), relación altura de la plántula/longitud de la radícula (RAP/LR) y relación peso seco del vástago/peso seco de la radícula (RPSV/PSR) 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 osmóticas de cloruro de sodio.

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios			
		PSV (g)	PSR (g)	RAP/LR	RPSV/PSR
Repetición	3	0,001 ns	0,006 ns	0,011 ns	0,054 ns
Potencial osmótico (P)	2	0,017 *	0,006 ns	0,212 ns	0,603 *
Error (a)	6	0,000	0,001	0,074	0,027
Cultivar de maíz (C)	1	0,003 *	0,000 ns	0,034 ns	0,079 *
P x C	2	0,000 ns	0,001 ns	0,036 ns	0,013 ns
Error (b)	9	0,000	0,001	0,018	0,007
Tamaño de semilla (T)	2	0,001 ns	0,013 *	0,015 ns	0,038 ns
P x T	4	0,001 ns	0,001 ns	0,020 ns	0,014 ns
C x T	2	0,000 ns	0,000 ns	0,025 ns	0,006 ns
P x C x T	4	0,000 ns	0,000 ns	0,010 ns	0,013 ns
Error (c)	36	0,000	0,001	0,009	0,013
Total	71				
C. V. (a) (%)		29,51	17,83	26,07	51,20
C. V. (b) (%)		24,09	12,61	12,86	26,07
C. V. (c) (%)		30,71	11,22	9,09	35,53

GL = Grados de Libertad; *: Significativo ($p \leq 0,05$); ns: No significativo ($p > 0,05$).

(Tabla 6) indica un mayor peso de la radícula para las plántulas crecidas a partir de las semillas de mayor tamaño ($> 0,36$ g), seguido por el de las que crecieron de semillas de tamaño mediano ($\geq 0,32 - 0,36 \leq$ g) y pequeñas ($< 0,32$ g), estas últimas estadísticamente iguales entre sí.

RELACIÓN ALTURA DE LA PLÁNTULA/ LONGITUD DE LA RADÍCULA

El análisis de varianza para la relación altura de la plántula/longitud de la radícula a los 16 dds (Tabla 9) no encontró diferencias significativas en este parámetro para ninguna de las fuentes de

variación, siendo el promedio general de 1,02. Esto señala que ni los potenciales osmóticos, ni los cultivares, ni el tamaño de la semilla influenciaron esta relación. Es decir, en la medida en que decrece el potencial osmótico se redujo la altura de la plántula y la longitud de la radícula en forma proporcional, de manera tal que la relación altura de la plántula/longitud de la radícula se mantiene si se la compara con la de una plántula crecida bajo condiciones normales.

RELACIÓN PESO SECO DEL VÁSTAGO/PESO SECO DE LA RADÍCULA

El análisis de varianza para la relación peso seco del vástago/peso seco de la radícula a los 16 dds (Tabla 9) denota diferencias significativas sólo para los factores Potencial osmótico y cultivar. La prueba de separación de promedios para el factor Potencial osmótico (Tabla 5) indica que la relación peso seco del vástago/peso seco de la radícula fue mayor en el potencial osmótico de referencia que en los potenciales de $-0,328$ y $-5,47$ MPa, los cuales resultaron estadísticamente similares entre sí (aun cuando el valor de la relación para el primero fue numéricamente superior a la del segundo), mientras que el estudio de los promedios para el factor cultivar (Tabla 5) muestra superioridad del cultivar Pioneer 361 sobre Himeca 95.

DISCUSIÓN

En el ensayo se presentaron interacciones potencial osmótico x cultivar en la altura de las plántulas a los 4, 8, 12 y 16 dds y en el peso fresco del vástago y de la radícula, lo que permite diferenciar entre cultivares a nivel de crecimiento. El crecimiento de un cultivar en condiciones salinas puede responder distintamente de acuerdo a la edad de la planta, como se observa en la interacción potencial osmótico x cultivar para el carácter altura, donde en los ocho primeros días después de la siembra las plántulas del cultivar Himeca 95 superaron en altura a Pioneer 361 en el potencial osmótico de $-0,328$ MPa, y al avanzar en el crecimiento esta superioridad desaparece en este potencial osmótico y aparece invertida en el potencial osmótico de $-0,547$ MPa; es decir, las plántulas más altas correspondieron a Pioneer 361 a partir de la evaluación a los 12 dds. Por otro lado, el peso seco del vástago se vio más

afectado que el de la radícula por efecto del potencial osmótico, cuyas disminuciones produjeron pesos secos del vástago distintos entre cada potencial, mientras que el peso seco de la radícula sólo varió respecto al testigo en el potencial osmótico menor evaluado ($-0,547$ MPa), notándose así un menor efecto de las condiciones salinas sobre la radícula que sobre el vástago.

Las condiciones salinas también afectaron el crecimiento de las plántulas de maíz. Estos resultados coinciden con los reportados por Méndez *et al.* (2002), quienes trabajaron con soluciones de cloruro de sodio y su efecto en tres cultivares de maíz (Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031), y encontraron mayores reducciones de la altura de la plántula y longitud de la radícula con concentraciones de -9 y -12 bares, con 99,87 y 96,99%, respectivamente, para la altura de la plántula y 97,92 y 95,20%, respectivamente, para la longitud de la radícula, en cuanto al número de hojas la mayor reducción ocurrió a -9 bares en los tres cultivares. La relación peso seco del vástago/peso seco de la radícula fue no significativa para todas las fuentes de variación. Degano (1999) indicó que la reducción de la altura de las plantas y aún la producción de achaparramiento es otro claro efecto de la incidencia de la salinidad en el crecimiento de las halófitas. En su experimento observó en *Tessaria absinthioides* una disminución significativa de la altura de las plantas, con entrenudos más cortos, como respuesta tanto al NaCl como al Na_2SO_4 , a partir de un potencial osmótico de $-0,8$ MPa en el medio, al respecto Shalhevet *et al.* (1995) le adjudica al achaparramiento un efecto beneficioso para el vegetal (maíz y soya), pues da como resultado plantas con menor área transpiratoria y maduración y floración anticipadas, que le sirven como medio de escape al efecto perjudicial de las sales y debido probablemente a que durante el proceso de ajuste osmótico el alargamiento de los órganos se suspende para conservar el estado de turgencia. Chartzoulakis y Klapaki (2000) indicaron que el aumento de la salinidad en el sustrato reduce la absorción de agua por las raíces, inhibiendo la actividad meristemática y el alargamiento celular, teniendo como consecuencia una reducción del crecimiento y desarrollo del cultivo.

Las respuestas para tolerar condiciones salinas varían entre las variedades dentro de una especie. Méndez *et al.* (2002), trabajando con soluciones de cloruro de sodio y su efecto en tres cultivares

de maíz (Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031), encontraron que Cargill 633 e Himeca 2003 presentaron similares longitudes entre sí, pero superiores a aquellos de Pioneer 3031; en cuanto al peso seco del vástago se observó que Cargill 633 presentó vástagos más pesados que Pioneer 3031, pero similares a aquellos de Himeca 2003.

El tamaño de la semilla parece ser un factor de importancia ligado al proceso del crecimiento de las plántulas, dado que se presentó influencia del tamaño de la semilla sobre los caracteres de crecimiento. Resultados similares son reportados por Galeshi *et al.* (2001), al estudiar 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 utilización de reservas de la semilla y el crecimiento de plántulas de dos genotipos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.), Jam y Kaka, y encontrar que las plántulas provenientes de semillas grandes tuvieron mayores longitudes de raíces y brotes y tasa de crecimiento que las originadas de semillas pequeñas. Estas plántulas utilizaron las reservas de la semilla a una tasa muy rápida; sin embargo, la eficiencia de conversión de las reservas dentro del tejido de las plantas fue la misma indistintamente del tamaño de la semilla. La ventaja de las semillas grandes fue un resultado de su capacidad de proveer energía más rápidamente para el crecimiento de las plántulas. Reducciones del potencial osmótico consecuentemente disminuyeron progresivamente las longitudes de las raíces y brotes y la tasa de crecimiento. La reducción en la tasa de crecimiento fue el resultado de una disminución progresiva en la tasa de utilización de las reservas de la semilla afectada por el potencial osmótico, pero la eficiencia en la conversión de reservas en el tejido de la planta disminuyó solamente a -0,9 MPa a 21%. Estos autores también señalan que bajo condiciones no salinas las semillas de mayor tamaño fueron superiores, pero disminuciones del potencial osmótico acabaron con esta ventaja, de modo que no existieron diferencias significativas entre los tamaños de semilla grande, mediano y pequeño a potenciales osmóticos de -0,6 y -0,9 MPa. Lo mismo ocurrió en el ensayo en arena para los caracteres longitud de radícula y peso fresco del vástago; los mayores valores los presentaron las plántulas de las semillas más grandes en el testigo, pero la ventaja desapareció a partir del potencial osmótico de -0,328 MPa. De la misma forma que

señalan Galeshi *et al.* (2001) en garbanzo, bajo condiciones salinas, la clasificación de semillas no resulta en plántulas más vigorosas, sin embargo, el uso de semillas grandes de maíz pudiera ser una ventaja en la producción de plántulas más vigorosas en condiciones no salinas.

Se observó una disminución del peso seco del vástago y de la relación peso del vástago/peso de radícula con reducciones en el potencial osmótico, mientras que la relación altura de planta/longitud de radícula no se vio afectada por el estrés salino. Resultados similares fueron reportados por Tejera *et al.* (2005), quienes indicaron que las plantas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) respondieron a la salinidad disminuyendo el contenido de materia seca vegetal e incrementando la relación raíz/vástago. En un estudio, Viégas *et al.* (2003) trabajando con plántulas de las especies *Prosopis juliflora*, *Leucaena leucocephala*, *Piptadenia macrocarpa* y *Mimosa hostilis* desarrolladas durante 30 días en arena regada con una solución nutritiva conteniendo 100 mol/m³ de NaCl en el laboratorio, encontraron que la disminución en la acumulación de materia seca del vástago de plantas tratadas con NaCl fue mayor que aquella de la raíz. Esto se debe parcialmente a la disminución de las tasas fotosintéticas y debido parcialmente al incremento de la exportación de carbohidratos desde el ápice a la raíz (Silveira *et al.*, 2001). En un experimento para determinar el efecto del estrés salino sobre el crecimiento en *Prosopis alba*, Meloni *et al.* (2004) encontraron que el peso seco asignado a las raíces se incrementó con niveles incrementados de NaCl, como lo mostraron las respuestas de la relación peso seco de la raíz/peso seco del vástago. Este autor indicó que poco trabajo se ha hecho en la fisiología de las raíces con respecto al estrés salino y que las raíces parecerían ser la parte de la planta más vulnerable debido a que ellas están expuestas directamente a las sales; sin embargo, ellas son sorprendentemente robustas, sus datos mostraron que el crecimiento de las raíces de plantas de algarrobo sometidas a altas concentraciones de NaCl no fue afectado tanto como el crecimiento del vástago, mientras que Hsiao y Xu (2000) indicaron que el crecimiento de las raíces, en contraste con el crecimiento foliar, se recupera marcadamente bien de la adición de sales u otro osmótico. Gorham *et al.* (1985) indicaron que el incremento en la relación raíz/vástago parece ser una adaptación a la salinidad, resultando en

una absorción más eficiente de agua y nutrimentos bajo estrés salino. Gonçalves Ferreira *et al.* (2001) indicaron que el aumento de la relación raíz/parte aérea puede ser atribuido a una reacción del sistema radicular para ampliar el área de exploración de los nutrimentos y agua como una forma de suavizar los efectos perjudiciales de la sal. Entretanto, se puede especular que una mayor reducción de la parte aérea en relación a la raíz puede ser debida a una mayor susceptibilidad presentada por las hojas.

Cuando las plantas se cultivan bajo condiciones salinas, tan pronto como las nuevas células comienzan su proceso de elongación el exceso de sales modifica las actividades metabólicas de la pared celular causando la deposición de varios materiales, los cuales limitan la elasticidad de la pared celular. Las paredes celulares llegan a ser más rígidas y consecuentemente la eficiencia de la presión de turgencia en el alargamiento celular disminuye. Las otras causas esperadas en la reducción del crecimiento de las plántulas pudieran ser la pérdida de los contenidos celulares y la diferenciación de los tejidos, nutrición no balanceada, daño de la membrana y mecanismo de evitación disturbado. El crecimiento reducido de las plántulas es también el resultado de una disminución en la absorción de agua, toxicidad de sodio y cloro en las células del ápice, así como una reducción en la concentración de clorofila y fotosíntesis reducida (Ali *et al.*, 2004).

La respuesta de un cultivar en condiciones salinas estresantes va a depender de la etapa del ciclo biológico de éste. Cultivares tolerantes a la salinidad durante el proceso de germinación pueden no serlo posteriormente durante el crecimiento, así como también un cultivar que muestre tolerancia en los primeros días de crecimiento después de la emergencia puede perder tal condición al avanzar en su crecimiento. Esta variación en el comportamiento de los cultivares en situación de estrés salino señala la necesidad de efectuar ensayos de mayor duración que proporcionen información sobre lo que ocurre en las diferentes etapas del cultivo. Es claro que por la limitante que ofrecen los sustratos arena y papel éstos sólo pueden ser realizados empleando suelos salinos.

El cribado inicial de genotipos de maíz para tolerancia a la salinidad puede ser hecho a nivel de crecimiento de plántulas con soluciones de cloruro de sodio con potencial osmótico de $-0,328$ y $-0,547$ MPa, mostrando ventajas del cultivar Himeca 95 sobre Pioneer 361 en los ocho primeros días después de la siembra en el potencial osmótico de $-0,328$ MPa, para luego ser superado por Pioneer 361 en el potencial osmótico de $-0,547$ MPa a partir de las evaluaciones a los 12 días después de la siembra. 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 biológico del cultivo, de manera de validar la metodología propuesta para el cribaje de genotipos tolerantes y/o resistentes a condiciones desfavorables de salinidad.

AGRADECIMIENTO

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

CONCLUSIONES

1. Existió superioridad en el crecimiento de la radícula de las plántulas de maíz originado a partir de semillas grandes, aunque ésta se perdió al disminuir el potencial osmótico, sugiriendo que el uso de semillas grandes puede representar una ventaja en suelos no salinos.
2. Dado el efecto beneficioso del tamaño de la semilla sobre algunos de los caracteres evaluados en los ensayos de salinidad a nivel del crecimiento de las plántulas se recomienda incluir este factor en futuros estudios sobre el efecto de esta condición estresante a objeto de obtener mayores respuestas a las interrogantes sobre si la superioridad en tolerancia a esta condición es debida a factores genéticos, no genéticos o a una combinación de ambos y si la misma se mantiene en las otras etapas del ciclo del cultivo.

LITERATURA CITADA

- ALI, Y.; Z. ASLAM; M. Y. ASHRAF; G. R. TAHIR. 2004.** Effect of salinity on chlorophyll concentration, leaf area, yield and yield components of rice genotypes grown under saline environment. *International Journal of Environment Science and Technology* 1 (3): 221-225.
- AZCON-BIETO, J.; TALON, M. 1993.** Fisiología y Bioquímica Vegetal. Interamericana McGraw-Hill. Madrid, España. pp. 537-539.
- BERNSTEIN, L.; AYERS, A. D. 1953.** Salt tolerance of five varieties of carrots. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 61:360-366.
- CHARTZOULAKIS, K.; KLAPAKI, G. 2000.** Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, 86 (3): 247-260.
- DEGANO, C. A. M. 1999.** Respuestas morfológicas y anatómicas de *Tessaria absinthioides* (Hook. et Arn.) DC. a la salinidad. *Revta Brasil. Bot.*, São Paulo, 22 (3): 357-363.
- ELLIS, R. H.; ROBERTS, E. H. 1980.** Towards a national basis for testing seed quality. *In* Seed production. Hebblethwaite. pp. 605-635.
- GALESHI, S.; SOLTANIA.; ZEINALI, E. 2001.** Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. *Seed Symposium*. 26th Congress of the International Seed Testing Association (ISTA). Anger, France. pp. 12.
- GOÇALVES FERREIRA, R.; FERNANDES TÁVORA, F. J. A. E.; FERREYRA HERNANDEZ, F. F. 2001.** Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 36 (1): 79-88.
- GORHAM, J.; WYN JONES, R. G.; MCDONELL, E. 1985.** Some mechanisms of salt tolerance in crop plants. *Plant Soil* 89:15-40.
- HSIAO, T. C.; XU, L. K. 2000.** Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. *J. Exp. Bot.* 51:1595-1616.
- 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. Trabajo de grado presentado para optar al Título de M. Sc. en Agricultura Tropical Mención Producción Vegetal. Postgrado en Agricultura Tropical. Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas. Venezuela. 86 p.
- MELONI, D. A.; GULOTTA, M. R.; MARTÍNEZ, C. A.; OLIVA, M. A. 2004.** The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. *Braz. J. Plant Physiol.*, 16 (1): 39-46.
- MÉNDEZ N., J. R.; IBARRA P, F. T.; MERAZO P., J. F. 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 del 2002. Maracay, Estado Aragua. On line: <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/Congresos/jornadasdemaiz/6jornadas/carteles/tecnosemilla/jmarquezsodio.htm>(22 de febrero de 2006).
- MUSGROVE, M. E.; PRIESTLEY, D. A.; LEOPOLD, A. C. 1980.** Methanol stress as a test of seed vigor. *Crop Sci.* 20 (5): 626-630.
- PEARSON, G. A.; AYERS, A. D.; EBERHARD, D. L. 1966.** Relative salt tolerance of rice during germination and early seedling development. *Soil Sci.* 102: 151-156.
- PLA SENTIS, I. 1985.** Origen, distribución y diagnóstico de suelos afectados por sales en Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)*, XIV (1-2): 125-150.
- PORTA C. J.; LÓPEZ-ACEVEDO R. M.; ROQUERO DE L. C. 1999.** Edafología. Mundi-Prensa. España. pp. 454; 657-705.
- SALISBURY, F. y ROSS, C. 1992.** Fisiología de las Plantas. Thomson Learning. España. pp. 69-70.
- SHALHEVET, J.; MORRIS, G. K.; SCHROEDER, B. P. 1995.** Root and shoot growth responses to salinity in maize and soybean. *Agronomy Journal* 87: 512-516
- SILVEIRA, J. A. G.; MELO, A. R. B.; VIÉGAS, R. A.; OLIVEIRA, J. T. A. 2001.** Salinity-induced effects on nitrogen assimilation related to growth in cowpea plants. *Environmental and Experimental Botany*, Memphis 46: 171-179.
- TEJERA, N. A.; CAMPOS, R.; SANJUAN, J.; LLUCH, C. 2005.** Effect of sodium chloride on growth, nutrient accumulation, and nitrogen fixation of common bean plants in symbiosis with isogenic strains. *Journal of Plant Nutrition*, 28: 1907-1921.
- VIÉGAS, R. A.; QUEIROZ, J. E.; DE M. SILVA, L. M.; SILVEIRA, J. A. G.; ROCHA, I. M. A.; VIÉGAS, P. R. A. 2003.** Plant growth, accumulation and solute partitioning of four forest species under salt stress. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 7 (2): 258-262
- 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 presentado para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas. Venezuela. pp. 14-94.