

NOTA TÉCNICA

## EFFECTO DEL TAMAÑO DE LA SEMILLA SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE MAÍZ BAJO SALINIDAD<sup>1</sup>

*José Alberto Laynez Garsaball<sup>2</sup>, Jesús Rafael Méndez Natera<sup>2</sup>,  
Juliana Mayz Figueroa<sup>3</sup>*

### RESUMEN

**Efecto del tamaño de la semilla sobre el crecimiento de plántulas de maíz bajo salinidad.** El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del potencial osmótico de tres suelos salinos sobre el crecimiento de plántulas de maíz, en Monagas, Venezuela, en mayo del 2003. Se utilizaron dos suelos salinos (9,11 dS/m y 15,19 dS/m y como testigo un suelo con CE de 0,13 dS/m. La siembra se realizó en bandejas de aluminio, utilizando 10 kg de suelo/bandeja y 50 semillas. El diseño estadístico utilizado fue parcelas divididas con cuatro repeticiones, la parcela principal fueron los potenciales osmóticos de los suelos (-0,005, -0,328 y -0,547 MPa, correspondientes a 0,13; 9,11 y 15,19 dS/m, respectivamente), las sub-parcelas, dos cultivares de maíz (Himeca 95 y Pioneer 361) y las sub-sub-parcelas, tres tamaños de semillas (<0,32 g; ≥0,32-0,36 g y >0,36 g.). Se evaluó: altura de la plántula, longitud y 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. El nivel de inferencia fue 5 %. No se encontraron diferencias entre los cultivares en las etapas tempranas del crecimiento de las plántulas producto de los potenciales osmóticos de suelo evaluados (-0,328 y -0,547 MPa). Existió mayor crecimiento en plántulas originadas de semillas grandes, aunque esta ventaja se perdió al disminuir el potencial osmótico.

**Palabras clave:** *Zea mays*, peso de semilla, estrés salino, altura de plántulas, potencial osmótico.

### ABSTRACT

**Effect of seed size on seedling growth of corn under three saline soil conditions.** The objective of this work was to study seedling growth in relation to three seed sizes of two corn cultivars sowed in two saline soils with electrical conductivity (EC) of 9.11 and 15.19 dS/m. The control was constituted by a soil with an EC of 0.13 dS/m. Sowing was carried out in aluminum trays using 10 kg of soil/tray and 50 seeds. A split-split-plot design was used with four replications; the main plots were the osmotic potentials (-0.005 -0.328 and -0.547 MPa, corresponding to 0.13, 9.11 y 15.19 dS/m, respectively), sub-plots were the two corn cultivars (Himeca 95 and Pioneer 361) and sub-sub-plots were three seed sizes (<0.32 g; ≥0.32-0.36 g ≤ and >0.36 g). The following variables were evaluated at 16 day after sowing: seedling height, radicle length, radicle volume, dry and fresh weight of shoot and radicle, seedling height:radicle length ratio and dry shoot weight:dry radicle weight ratio. An analysis of variance and Duncan's multiple range tests were carried out. The inference level was 5 %. The decreased osmotic potential of the irrigation water reduced seedling height, fresh and dry shoot weight and radicle volume. There were not differences among cultivars in seedling growth under the osmotic potentials evaluated. The largest seeds produced larger seedlings (shoot and root) than the smallest ones, but this was not true with decreasing osmotic potential.

**Key words:** *Zea mays*, seed weight, salt stress, seedling height.

<sup>1</sup> Recibido: 28 de agosto, 2006. Aceptado: 30 de noviembre, 2007.

<sup>2</sup> Escuela de Ingeniería Agronómica. Núcleo Monagas. Universidad de Oriente. Avenida Universidad. Campus Los Guaritos. Maturín, 6201. Monagas, Venezuela. jalaynezg@yahoo.es, jmendezn@cantv.net

<sup>3</sup> Postgrado en Agricultura Tropical, Núcleo Monagas, Universidad de Oriente. Campus Juanico. Maturín, 6201, Monagas, Venezuela. julianamays@cantv.net

## INTRODUCCIÓN

El estrés salino o acumulación de sales en los suelos con predominio del Ca y el Mg, era relativamente poco importante y se localizaba sólo en áreas cercanas a la costa o en determinados ambientes procedentes de la evaporación de aguas cargadas de sales. Sin embargo, el desarrollo experimentado por las técnicas agrícolas en los últimos años, unido a una mala gestión de los recursos medioambientales, ha provocado que este tipo de estrés, sea hoy día uno de los principales problemas con los que se enfrenta la agricultura. El uso indiscriminado de grandes cantidades de fertilizantes químicos y la sobre explotación de los acuíferos han ocasionado un drástico aumento de la superficie afectada por la salinidad. Actualmente, la tercera parte de las tierras irrigadas en el mundo están afectadas, en mayor o menor medida por esta condición (Azcon-Bieto y Talon 1993).

Una prueba de calidad de semillas tiene tres objetivos relacionados: primero, predecir la vida de almacenamiento de un lote o su calidad después de un período especificado; segundo, predecir la emergencia en campo después de la siembra y tercero, predecir el subsiguiente vigor de las plántulas y el rendimiento final del cultivo (Ellis y Roberts 1980). La técnica del envejecimiento acelerado, es la más usada para la determinación de la calidad en semillas, sin embargo, requiere de equipos especializados lo que encarece y dificulta su realización, y además, el método no está estandarizado, por lo que diferencias en humedad de la semilla, temperatura y duración del tratamiento (Musgrove *et al.* 1980), originan variaciones a nivel del vigor evidenciado. Por otra parte, la cámara de envejecimiento acelerado no permite estudiar el efecto del estrés por salinidad. Otra método para la identificación de semillas de calidad en diferentes lotes almacenados, y que al mismo tiempo permite estudiar el efecto del estrés por salinidad, de una manera sencilla, no costosa y sin requerir de equipos especializados, podría ser el uso de compuestos o productos comerciales para simular bajo condiciones de laboratorio el estrés de salinidad estrés

salino, entre estos: sulfato de sodio y cloruro de sodio (Martínez 1999, Wong 2002, Méndez *et al.* 2002a, 2002b). En esta técnica una semilla que tenga capacidad para germinar y emerger bajo condiciones de estrés salino, indica 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).

Entre los estudios más detallados sobre salinidad en Venezuela, Chirinos *et al.* (1991) detectaron problemas en suelos de Cagua, Crespo, San Francisco de Asís, Santa Cruz y Villa de Cura en el estado Aragua; Guacara en el estado Carabobo; Yaritagua en el estado Yaracuy y Santa Rosalía en el estado Portuguesa, Venezuela. Villafañe (1995) colectó muestras de suelo y agua en áreas bajo riego de los estados Portuguesa, Barinas y Lara de Venezuela, para localizar suelos afectados por sales y evaluar la calidad de las aguas de riego. Las aguas de los sistemas de riego Boconó, Santo Domingo y San José de Quíbor no muestran riesgos de salinización, mientras que las de Cojedes-Sarare, Morocho I, Montaña Verde, finca Adolfo, finca Los Jebes, Montenegro y San Pedro-San Marco sí muestra salinización. Se concluyó que los suelos más afectados no se relacionaron con las aguas de riego más salinas y las condiciones de drenaje de los suelos, la magnitud y distribución de de la lluvia.

Pla Sentis y Florentino (1985) indicaron que en las llanuras costeras al norte de los estados Falcón y Anzoátegui y a niveles muy cercanos al mar, se presentan suelos que tienen la peculiaridad de ser salinos y ácidos al mismo tiempo, la caracterización de la salinidad en perfiles de suelos ubicados en las llanuras costeras atravesadas por los ríos Hueque y Ricoa (estado Falcón) y por el río Aragua (estado Anzoátegui), donde por su extensión, topografía y disponibilidad de agua superficial se ha planteado su uso potencial para agricultura de riego, ha conducido a desarrollar una hipótesis sobre su origen y posible evolución si se ponen bajo riego, en dicha hipótesis se adelanta que los suelos estudiados, a los cuales se propone calificar de "salino-ácidos", se han desarrollado por una evolución

natural, por mejora en el drenaje, de sedimentos fluviales depositados en aguas salobres directa o indirectamente conectadas con el mar, y que en una etapa intermedia dieran lugar a suelos de los llamados "sulfato-ácidos" o "catclay", más ácidos que los "salino-ácidos" actuales y que por las características físicas de éstos, generalmente con alto contenido de arcilla, y permeabilidad extremadamente baja, se hacen deducciones en cuanto a los cambios y problemas que se presentarían en ellos al intentar manejarlos con agricultura de riego, y mantener un ambiente reductor por períodos muy prolongados.

Variaciones en la germinación y en el crecimiento de las plántulas dentro de un mismo genotipo, son atribuidas a la influencia del tamaño de la semilla en la tolerancia a condiciones salinas por Galeshi *et al.* (2001), al estudiar el efecto del estrés por salinidad en genotipos de garbanzo.

La consideración de que el proceso de producción de maíz (*Zea mays* L.), no escapa a este tipo de estrés, y el hecho de que la semilla tiene un efecto fundamental sobre el rendimiento, crean la necesidad de dirigir esfuerzos en la búsqueda de mejoras en la calidad de la misma, expresada en términos de selección de genotipos de mayor germinación y vigor, bajo tales condiciones de estrés. El objetivo del presente trabajo fue el de evaluar el efecto del potencial osmótico de suelos salinos sobre el crecimiento de plántulas a partir de diferentes tamaños de semilla de dos cultivares de maíz, en condiciones de umbráculo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación

La presente investigación se llevó a cabo en el invernadero del Postgrado en Agricultura Tropical de la Universidad de Oriente, en Maturín, estado Monagas, Venezuela en mayo del 2003.

### Procedencia de los suelos

Se emplearon tres suelos, las muestras fueron tomadas en una franja entre los 5 y 20 cm de profundidad en las localidades: Laguna de Chacopata, Municipio Cruz Salmerón Acosta, Edo. Sucre, dos suelos salinos (9,11 dS/m y 15,19 dS/m, CE determinada de un extracto obtenido en una relación 1:1). Estación Biológica de Sabana de la Universidad de Oriente (U.D.O), Jusepín, Edo. Monagas, Venezuela, un suelo como fuente de comparación (con CE de 0,13 dS/m). Previo al montaje del ensayo, todas las muestras de los suelos fueron secadas al aire y cernidas a través de un tamiz de malla de 3 mm. Se trabajó sin esterilizar el suelo. A éstos se les estimó un potencial osmótico aproximado a partir de la conductividad eléctrica mediante la relación  $\psi_{os} = -aCE$ , donde la constante  $a$  para el cloruro de sodio es igual a 36 (Porta *et al.* 1999), es decir, los valores de potencial osmótico para los suelos con 0,13; 9 y 15 dS/m fueron - 0,005; - 0,328 y - 0,547, respectivamente.

En el Cuadro 1, se aprecian las características físicas y químicas de cada suelo, determinadas a través del análisis en el Laboratorio de Servicios Agroambientales (LABSEA) de la Universidad de Oriente. El suelo usado para la comparación con los salinos presentó un potencial osmótico de -0,005 MPa, textura franco arenosa, bajo contenido de P y de cationes, (con excepción del calcio con contenido medio), bajo en M.O., y pH ácido. El suelo salino con potencial osmótico de -0,328 MPa presentó una textura franco arenosa, mientras que la textura del suelo salino con potencial osmótico de -0,547 MPa fue arenosa, ambos con un bajo contenido de P, alto contenido de calcio y de magnesio, bajo de potasio y de M.O., y pH ligeramente alcalino.

### Cultivares y selección de la semilla

Dos kilogramos de semillas certificadas de los cultivares comerciales de maíz Himeca 95 y Pionner 361 (contenido de humedad promedio

**Cuadro 1.** Características físicas y químicas de los suelos empleados en el ensayo de germinación de semillas a partir de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), bajo tres condiciones de suelo salino, en Monagas, Venezuela. 2003.\*

Fertilidad				
Características	Unidad	Suelo 1: Jusepín	Suelo 2: Chacopata	Suelo 3: Chacopata
pH		6,1	7,70	7,70
P	mg/kg	9,82	8,80	7,76
Ca <sup>++</sup>	cmol/kg	0,67	4,59	3,02
Mg <sup>++</sup>	cmol/kg	0,17	1,98	1,97
K <sup>+</sup>	cmol/kg	0,01	0,06	0,04
Na <sup>+</sup>	cmol/kg	Traza	8,78	11,17
Al <sup>+++</sup>	cmol/kg	Traza	Traza	Traza
H <sup>+</sup>	cmol/kg	0,09	0,17	0,17
(H+Al)	cmol/kg	0,09	0,17	0,17
CICE	cmol/kg	0,94	15,6	16,40
% SAT AL	%	-	-	-
M.O.	%	0,94	0,86	0,37
Textura				
Arcilla	%	9,20	3,20	3,20
Clase		Areno franco (aF)	Areno franco (aF)	Arenoso (a)
Salinidad				
Características	Unidad	Suelo 1: Jusepín	Suelo 2: Chacopata	Suelo 3: Chacopata
PH		5,00	7,70	7,70
CE	(mmhos/cm)	-	-	-
Sulfatos	(me/l)	0,11	2,35	3,75
Carbonatos	(me/l)	Traza	Traza	Traza
Bicarbonatos	(me/l)	0,19	0,54	0,32
Cloruros	(me/l)	0,37	27,69	30,63
Calcio	(me/l)	0,426	3,40	3,94
Magnesio	(me/l)	0,215	5,38	5,04
Potasio	(me/l)	0,014	0,45	0,42
Sodio	(me/l)	0,004	25,86	27,21
RAS		0,01	12,31	12,83

\* Laboratorio de Servicios Agroambientales (LABSAE) de la Universidad de Oriente.

de 12 %), fueron tratadas para prevenir el crecimiento de hongos durante la germinación con carboxin 17 % + thiram 17 %, y posteriormente, sometidos a un proceso de selección por el que las semillas se separaron con base al peso individual, en tres intervalos de peso, en lotes de 300 semillas: menos de 0,32 g, entre 0,32 y 0,36 g y mayores de 0,36 g.

### Siembra, diseño experimental

Las semillas se sembraron en bandejas de aluminio (41 cm largo, 26,5 cm ancho y 10 cm alto), desinfectadas con cloro comercial (hipoclorito de sodio 5,25 %) sin diluir, y posteriormente lavadas con abundante agua para eliminar el exceso de desinfectante. Cada bandeja con 10

kg de suelo y 50 semillas arregladas en lotes de 25 por unidad experimental, distribuidas en cinco hileras de cinco semillas c/u (distancia entre hileras 3,70 cm y entre semillas 4,00 cm) y a 3,00 cm de profundidad. Se efectuaron riegos diarios de 250 ml agua/bandeja.

El diseño estadístico utilizado fue el de parcelas divididas con cuatro repeticiones. La parcela principal la conformaron los potenciales osmóticos de los tres suelos (- 0,005 MPa (Testigo), - 0,328 MPa 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 las semillas (menos de 0,32 g, entre 0,32 y 0,36 g y mayores de 0,36 g).

### VARIABLES MEDIDAS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las respuestas de los cultivares de maíz a los distintos tratamientos fueron evaluadas con base en las siguientes variables: altura de la plántula (cm) a los cuatro, ocho, 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 las variables de crecimiento fueron estimadas 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, peso fresco 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

### Parámetros de crecimiento

#### Altura de la plántula (cm)

Los análisis de varianza para la altura de las plántulas a los 4, 8, 12 y 16 días después de la siembra fue significativo para los factores potencial osmótico a los 4, 8, 12 y 16 dds, y tamaño de las semillas a los 12 y 16 dds. Para el resto de las fuentes de variación no se presentaron diferencias significativas. Las pruebas de separación de medias para las alturas de las plántulas a los cuatro, ocho, 12 y 16 dds por efecto del factor potencial osmótico (Cuadro 2), reflejan que a los 4 dds el mayor valor en este carácter se observó en el suelo testigo ( $\psi_{os} = -0,005$  MPa), seguido por los valores del suelo con potencial osmótico de -0,328 MPa y éste por el suelo con -0,547 MPa. A los ocho dds, el valor más alto se obtuvo en el suelo testigo, seguido por el de potencial osmótico de -0,328 MPa y de -0,547 MPa, estadísticamente iguales entre sí. A los 12 y 16 dds, se observó el mismo comportamiento que a los

**Cuadro 2.** Promedios para la altura de plántulas (cm) a los cuatro y ocho y 12 días después de la siembra de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), bajo tres condiciones de suelo salino. Monagas, Venezuela. 2003.

Potencial osmótico (MPa)	Altura de la plántula (cm) (DDS)*			
	4	8	12	16
- 0,005	1,45 a	9,98 a	31,50 a	41,21 a
- 0,328	1,07 b	4,66 b	12,82 b	16,89 b
- 0,547	0,82 c	3,77 b	9,40 c	12,26 c

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

4 dds. Las pruebas de promedios para las alturas de las plántulas por efecto del factor tamaño de la semilla a los 12 y 16 dds (Cuadro 3) muestran que a los 12 y 16 dds la mayor altura la presentaron las provenientes de semillas medianas ( $\geq 0,32 - 0,36 \leq$  g) y grandes ( $> 0,36$  g), similares entre sí y superiores estadísticamente a las obtenidas por semillas pequeñas ( $< 0,325$  g).

**Cuadro 3.** Promedios para las alturas de las plántulas (AP) (cm) a los 12 y 16 días después de la siembra (dds) de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), bajo tres condiciones de suelo salino. Monagas, Venezuela. 2003.

Tamaño de las Semillas (g)	Altura de la plántula (cm) DDS*	
	12	16
$> 0,36$	19,01 a	24,85 a
$\geq 0,32 - 0,36 \leq$	18,45 a	24,14 a
$< 0,325$	16,26 b	21,37 b

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

#### Longitud de la radícula (cm)

El análisis de varianza para la longitud de la radícula a los 16 dds mostró efecto significativo para los factores potencial osmótico y cultivar. La prueba de promedios para la longitud de la radícula por efecto del factor potencial osmótico (Cuadro 4) evidencia raíces estadísticamente más largas en el suelo testigo, intermedias en longitud en el suelo con  $-0,328$  MPa, y más cortas en el suelo con  $-0,547$  MPa. En la separación de medias para el efecto del cultivar (Cuadro 5), las raíces de mayor longitud correspondieron al cultivar Pioneer 361, estadísticamente superior a Himeca 95.

**Cuadro 4.** Promedios para la longitud de la radícula (cm) (LR), volumen de la radícula (ml) (VR) y peso fresco del vástago (g) (PFV) a los 16 días después de la siembra de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), bajo tres condiciones de suelo salino. Monagas, Venezuela. 2003.

Potencial Osmótico (MPa)	LR (cm)*	VR (ml)*	PFV (g)*
- 0,005	23,59 a	20,42 a	1,850 a
- 0,328	14,46 b	14,79 ab	0,838 b
- 0,547	10,46 c	11,75 b	0,622 b

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

**Cuadro 5.** Promedios para la longitud de la radícula (cm) (LR), peso fresco del vástago (g) (PFV) y peso seco del vástago (g) (PSV) a los 16 días después de la siembra de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), bajo tres condiciones de suelo salino. Monagas, Venezuela. 2003.

Cultivar de maíz	LR (cm)*	PFV (g)*	PSV*
Pioneer 361	17,72 a	1,251 a	0,136 a
Himeca 95	14,61 b	0,956 b	0,107 b

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

#### Volumen de la radícula (ml)

Hubo efecto significativo para el volumen de la radícula a los 16 dds sólo para el factor potencial osmótico. La prueba de promedios (Cuadro 4) indica un mayor volumen radicular para las plántulas cultivadas en el suelo con

potencial osmótico de - 0,005 MPa (testigo), seguido por el de las que crecieron en el suelo con potencial osmótico de - 0,328 MPa, quien se comportó estadísticamente igual al anterior, en tanto que el volumen radicular alcanzado por las plántulas en el suelo con potencial osmótico de - 0,547 MPa, fue inferior al del testigo pero igual al del suelo con - 0,328 MPa.

#### *Peso fresco del vástago (g)*

En el peso fresco del vástago a los 16 dds, hubo diferencias estadísticas para el factor potencial osmótico, cultivar y tamaño de semilla. La prueba de separación de medias para el factor potencial osmótico (Cuadro 4) mostró un mayor peso fresco del vástago para aquellas plántulas crecidas en el suelo testigo ( $\psi_{os} = -0,005$  MPa), seguidas en peso por las cultivadas en los suelos con potenciales osmóticos de -0,328 y -0,547 MPa, estas dos últimas similares entre sí. En el factor cultivares, la separación de medias (Cuadro 5), señala un mayor peso fresco del vástago para el cultivar Pionner 361, respecto al cultivar Himeca 95. La diferencia de promedios para el factor tamaño de semilla (Cuadro 6) mostró un mayor peso para los vástagos provenientes de las semillas de tamaño grande ( $> 0,36$  g),

**Cuadro 6.** Promedios para el peso fresco del vástago (g) (pfv), peso fresco de la radícula (g) (pfr), peso seco del vástago (g) (psv) y peso seco de la radícula (g) (psr) a los 16 días después de la siembra de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), bajo tres condiciones de suelo salino. Monagas, Venezuela. 2003.

Tamaño de la semilla (g)	PFV (g)*	PFV *	PSV*	PSR*
> 0,36	1,196 a	1,127 a	0,132 a	0,185 a
$\geq 0,32 - 0,36 \leq$	1,151 ab	1,051 ab	0,128 a	0,153 b
< 0,32	0,963 b	0,858 b	0,103 b	0,131 b

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

**Cuadro 6.** Promedios para el peso fresco del vástago (g) (pfv), peso fresco de la radícula (g) (pfr), peso seco del vástago (g) (psv) y peso seco de la radícula (g) (psr) a los 16 días después de la siembra de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), bajo tres condiciones de suelo salino. Monagas, Venezuela. 2003.

Tamaño de la semilla (g)	PFV (g)*	PFV *	PSV*	PSR*
> 0,36	1,196 a	1,127 a	0,132 a	0,185 a
$\geq 0,32 - 0,36 \leq$	1,151 ab	1,051 ab	0,128 a	0,153 b
< 0,32	0,963 b	0,858 b	0,103 b	0,131 b

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

estadísticamente igual a los provenientes de las de tamaño mediano ( $\geq 0,32 - 0,36 \leq$  g), y el menor peso para los provenientes de la pequeña ( $< 0,32$  g), similar estadísticamente a la anterior, pero diferente a la primera.

#### *Peso fresco de la radícula (g)*

Para el peso fresco de la radícula a los 16 dds hubo diferencias significativas sólo para el factor tamaño de semilla. La prueba de separación de promedios para este factor (Cuadro 6) indica que el mayor peso fresco de radícula fue presentado por las plántulas provenientes de semillas grandes, estadísticamente igual a las originadas a partir de las medianas, esta última también se comportó estadísticamente igual a las que se originaron de las pequeñas, aunque el peso de la radícula producto de semillas pequeñas difirió del correspondiente al de semillas grandes.

#### *Peso seco del vástago (g)*

Para el peso seco del vástago hubo diferencias significativas para los factores potencial osmótico, cultivar y tamaño de semilla. En el Cuadro 7, se presenta la prueba de separación

**Cuadro 7.** Promedios para el peso seco del vástago (g) (PSV), relación altura de 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.), bajo tres condiciones de suelo salino. Monagas, Venezuela. 2003.

Potencial osmótico (MPa)	PSV (g)*	RAP/LR*	RPSV/PSR*
- 0,005	0,213 a	1,83 a	1,86 a
- 0,328	0,084 b	1,23 b	0,58 b
- 0,547	0,066 b	1,18 b	0,43 b

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

de medias para el factor potencial osmótico. Se observa mayor peso seco del vástago en las plántulas que crecieron en el suelo con potencial osmótico de -0,005 MPa (testigo), seguido por el de las que crecieron en los suelos con potenciales osmóticos de -0,328 y -0,547 MPa, estos últimos estadísticamente iguales. La prueba de promedios para el factor cultivar (Cuadro 5) indica que el cultivar Pionner 361 presentó el mayor peso seco del vástago. En la prueba de separación de medias para el factor tamaño de la semilla los mayores pesos correspondieron a los vástagos provenientes de plántulas originadas de las grandes y medianas, iguales entre sí, y superiores estadísticamente a las semillas pequeñas.

#### *Peso seco de la radícula (g)*

Para el peso seco de la radícula a los 16 días hubo efecto significativo sólo para el factor tamaño de semilla. La prueba de medias (Cuadro 6) señala que el mayor peso seco lo presentaron las radículas originadas de semillas de tamaño grande, superiores a las medianas y pequeñas, estas últimas iguales entre sí.

#### *Relación altura de la plántula/longitud de la radícula*

En altura de planta/longitud de la radícula hubo diferencias significativas solo para el factor potencial osmótico. La prueba de separación de medias para esta relación por efecto del potencial osmótico (Cuadro 7) indica una mayor relación a nivel del suelo empleado como testigo ( $\psi_{os} = -0,005$  MPa), superior estadísticamente al suelo con potencial osmótico de -0,328 MPa y al de -0,547 MPa, estos últimos similares entre sí.

#### *Relación peso seco del vástago/peso seco de la radícula*

Para la longitud de la radícula a los 16 dds, hubo efecto significativo sólo para el factor potencial osmótico. La prueba de promedios para esta relación (Cuadro 7) evidencia que el mayor valor lo presentaron las plántulas cultivadas en el suelo testigo ( $\psi_{os} = -0,005$  MPa), superiores estadísticamente a los suelos con potencial osmótico de -0,328 MPa y -0,547 MPa, estos últimos similares entre sí.

## DISCUSIÓN

En esta investigación no fue posible discriminar a nivel de crecimiento de plántulas entre cultivares para la tolerancia a la salinidad, dado a que no se presentaron interacciones en los caracteres de crecimiento. Solo se observaron los efectos simples del potencial osmótico, cultivar y tamaño de la semilla, es decir, no existió influencia de un factor sobre otro, lo que no permitió diferenciar entre los cultivares a nivel de crecimiento en los dos potenciales osmóticos (-0,328 y -0,547 MPa) de los suelos salinos utilizados. Tal vez estos resultados tengan explicación en dos condiciones, en los suelos salinos utilizados existieron factores ligados al contenido de arcilla, materia orgánica y a los diferentes elementos en la solución del suelo que enmascararon en los primeros estados de desarrollo de las plantas las

posibles diferencias entre los cultivares. O bien, los potenciales osmóticos de los suelos (- 0,328 y - 0,547 MPa) no son adecuados para establecer diferencias entre los cultivares a nivel de este sustrato. Es necesario en consecuencia realizar ensayos con suelos salinos en los que se evalúe una mayor cantidad de cultivares y/o potenciales osmóticos para tratar de establecer en cuales es posible discriminar para efectos de crecimiento.

El crecimiento de las plántulas de maíz se vio afectado por las condiciones salinas evaluadas. Porta *et al.* (1999), señalan que la salinidad del suelo provoca una sintomatología relacionada con una inhibición irreversible del crecimiento: menor área foliar y talla de la planta (el crecimiento es lento y no llega a ser completo), menor producción de materia seca, quemaduras en los bordes de las hojas, entre otros. Reducciones en el crecimiento del maíz producto de condiciones salinas han sido señalados por: Méndez *et al.* (2002a), quienes trabajaron con soluciones de cloruro de sodio y su efecto en tres cultivares de maíz (Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031), 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 %, para la altura de la plántula y 97,92 y 95,20 %, para la longitud de la radícula, respectivamente. 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 no fue significativa para todas las fuentes de variación; Méndez *et al.* (2002b), evaluaron efecto de soluciones de sulfato de sodio en tres cultivares de maíz (Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031), y la mayor reducción de la altura de la plántula ocurrió a -6 y -9 bares con 97,54 y 98,18 %. Las mayores reducciones del peso seco del vástago y de la radícula ocurrieron a -9 y -12 bares con 92,39 y 83,59 % para el peso seco del vástago y 86,33 y 80,90 % para el peso seco de la radícula, respectivamente. Según Barbosa *et al.* (2004) el cloruro de sodio puede ser un fuerte agente a nivel osmótico, pero él afecta el desarrollo por el incremento de la concentración de sodio en el medio de crecimiento, éste ión puede pasar fácilmente a través de las membranas

celulares y las células deben expulsarlo gastando energía, por otra parte, la actividad del agua disminuye y todas las rutas metabólicas pueden ser perturbadas o rotas, causando algún desbalance en la producción-consumo de energía, se observó un incremento de plántulas anormales a - 1,2 MPa.

En este experimento, la reducción en el potencial osmótico causó una disminución de los caracteres del crecimiento de las plántulas de maíz (altura de la plántula, longitud de la radícula, peso del vástago y de las relaciones altura de la plántula/longitud de la radícula y peso seco del vástago/peso seco de la radícula. Dias *et al.* (2004) evaluaron el efecto del estrés salino en el crecimiento de ocho genotipos de maíz comúnmente sembrados en el noreste de Brasil y encontraron que redujo los pesos secos tanto del vástago como de la raíz de todos los genotipos de maíz, excepto el del genotipo BR5033. Cuando se sometieron al estrés salino, el genotipo BR5011 mostró las mayores reducciones de los pesos secos del vástago y de la raíz (66,5 y 61,4 %, respectivamente) mientras el genotipo BR5033 mostró un 33,8 % de reducción en el peso seco del vástago y una falta de reducción en el peso seco de la raíz. El estrés salino no afectó la relación peso seco del vástago/peso seco de la raíz de los genotipos BR3123, BR5004, BR5011 y ICI8447, pero disminuyó las relaciones para los genotipos BR5026, BR5033, CMS50 y D766. Aunque varios autores han sugerido que la reducción en la relación peso seco del vástago/peso seco de la raíz debido a la escasez de agua podría ser un indicador de la adaptación al estrés y consecuentemente un marcador morfo-fisiológico para la tolerancia al estrés. Los genotipos BR5026 y D766 en este ensayo, que estuvieron entre los más susceptibles y también mostraron una disminución en la relación peso seco del vástago/peso seco de la raíz.

Existió un mayor efecto inhibitorio producto de la salinidad sobre el crecimiento de los brotes en relación con las raíces lo que resultó en la reducción de la relación altura del brote/longitud de la raíz. Reducciones similares han sido señaladas por Wong (2002), en los cultivares de

maíz Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031 y por Renault *et al.* (2001), en plantas leñosas de *Cornus stolonifera* Michx. Resultados similares fueron reportados por Bezerra (2001) quien evaluó patrones de merey (CCP06 y CCP1001) a los 490 días después de la siembra y observó incrementos de la relación raíz/vástago con incrementos en la salinidad del agua, como resultado de una mayor reducción en el peso fresco del vástago y los efectos sobre éstos fueron también más pronunciados al comienzo, debido a que, en relación a las raíces, la salinidad atrasó la germinación de las semillas, pero las diferencias desaparecieron, a medida que las plantas recuperaron el crecimiento, adicionalmente, el incremento de la relación raíz/vástago es un intento de la planta para explorar un volumen mayor de suelo.

Fageria *et al.* (1981) verificaron que la parte aérea de las plantas de arroz son más sensibles en niveles altos de salinidad que las raíces, mientras que en sorgo, Feitosa *et al.* (2001) indicaron que después del tratamiento salino (100 mM NaCl), la relación materia seca del vástago/materia seca de la radícula se redujo 10 y 18 % en los genotipos de sorgo tolerante y susceptible, respectivamente. La mayor relación de la materia seca del vástago/materia seca de la radícula y una menor reducción de esta relación después del tratamiento salino observado en el genotipo tolerante, sugiere a esta característica como un indicador de tolerancia al estrés salino, al menos en sorgo. Shannon (1997) indicó que las raíces están directamente expuestas a los ambientes salinos, pero su crecimiento es menos afectado que la parte aérea, aumentando, la relación raíz/parte aérea

La habilidad de las variedades en etapas tempranas de crecimiento de plántulas para tolerar condiciones salinas creadas con soluciones osmóticas, puede exhibir amplia variación, como ha sido señalado en maíz por Martínez (1999), que al evaluar la longitud de la radícula entre Cargill 717 y Cargill 633, encontró las mayores longitudes en el cultivar Cargill 717 (Méndez *et al.* 2002a), al trabajar con soluciones de cloruro de sodio y su efecto en tres cultivares de maíz

(Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031), y encontrar 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 influyó el crecimiento de las plántulas, al afectar los caracteres de crecimiento evaluados. Resultados similares son reportados por Galeshi *et al.* (2001), quienes estudiaron 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 indiferentemente 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 disminuyeron 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 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 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 significantes entre los tamaños de semilla grande, mediano y pequeño a potenciales osmóticos de -0,6 y -0,9 MPa.

En este ensayo con suelos salinos, no existieron interacciones potencial osmótico por tamaño de la semilla pero si efectos simples para tamaño

de la semilla, se aprecia en general, que las de mayor tamaño produjeron los mayores valores en los caracteres evaluados para crecimiento. Tal como lo señala Galeshi *et al.* (2001) en garbanzo, el uso de semillas grandes de maíz pudiera ser una ventaja en la producción de plántulas más vigorosas en condiciones no salinas, sin embargo, bajo condiciones salinas, la clasificación de semillas no resultó en plántulas más vigorosas.

La respuesta de un cultivar en condiciones salinas estresantes va a depender de la etapa del ciclo biológico de este, cultivares tolerantes a la salinidad durante el proceso de germinación puede perder tal condición. 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, por la limitante que ofrecen los sustratos arena y papel, éstos solo pueden ser realizados empleando suelos salinos.

## CONCLUSIONES

Los potenciales osmóticos de los suelos evaluados (- 0,328 y - 0,547 MPa) no diferenciaron la tolerancia a tal estrés en los dos cultivares de maíz (Himeca 95 y Pioneer 361) en las etapas tempranas del crecimiento de las plántulas.

Hubo mayor crecimiento de las plántulas originadas a partir de semillas grandes. El uso de éstas puede representar una ventaja en suelos salinos bajo condiciones de sequía.

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 para obtener respuestas a las interrogantes sobre si la superioridad en tolerancia a estas condiciones se debe 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.

## AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, Venezuela por el financiamiento de esta investigación y al Postgrado en Agricultura Tropical del Núcleo Monagas de la Universidad de Oriente por permitir el uso del invernadero.

## LITERATURA CITADA

- Azcon-Bieto, J; Talon, M. 1993. Fisiología y Bioquímica Vegetal. Interamericana McGraw-Hill. Madrid, España. p. 537-539.
- Barbosa Machado Neto, N; Marques Saturnino, S; Bomfim, DC; Castilho Custódio, C. 2004. Water stress induced by mannitol and sodium chloride in soybean cultivars. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 47(4):521-529.
- Bernstein, L; Ayers, AD. 1953. Salt tolerance of five varieties of carrots. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 61:360-366.
- Bezerra, IL. 2001. Produção de mudas enxertadas de cajueiro anão precoce, usando águas de diferentes salinidades. Campina Grande: UFPB, 2001. (Dissertação - Mestrado). 85 p.
- Chirinos, AV; De Brito, J; De Rojas, EI. 1971. Características de fertilidad de algunos suelos Venezolanos vistos a través de los resúmenes de análisis rutinarios. *Agronomía Tropical* 21(5): 397-409.
- Dias De Azevedo Neto, A; Prisco, JT, Enéas-Filho, J; Feitosa De Lacerda, C; Vieira Silva, J; Alves Da Costa, PH; Gomes-Filho, E. 2004. Effects of salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. *Braz. J. Plant Physiol.* 16(1):31-38.
- Ellis, RH; Roberts, EH. 1980. Towards a national basis for testing seed quality. *In Seed production.* Hebblethwaite. p. 605-635.
- Fageria, NK; Barbosa Filho, MP; Gheyi, HR. 1981. Avaliação de cultivares de arroz para tolerância à salinidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília* 16(5):677-681.
- Feitosa De Lacerda, C; Cambraia, J; Oliva Cano, MA; Ruiz, HA. 2001. Plant growth and solute

- accumulation and distribution in two sorghum genotypes, under NaCl stress. R. Bras. Fisiol. Veg. 13(3):270-284.
- Galeshi, S; Soltani A; 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. p. 12.
- Gomes, PF. 1984. A estatística moderna na pesquisa agropecuária. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, SP. Brasil. 160 p.
- Martínez A, LE. 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.
- Méndez N, JR; Ibarra P, FT; Merazo P, JF. 2002a. 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. Maracay, Estado Aragua. (en línea). Consultado: 10 agosto 2003. Disponible en: <http://www.Trabajos\carteles\tecnosemilla\jmendezsodio.htm>
- Méndez N, JR; Ibarra P, FT; Merazo P, JF. 2002b. Germinación de semillas y desarrollo de plántulas de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) bajo soluciones osmóticas II. Sulfato de sodio. VI Festival del maíz. VI Jornada científica nacional del maíz. Maracay, Estado Aragua. (en línea). Consultado: 10 agosto 2003. Disponible en: <http://www.Trabajos\carteles\tecnosemilla\jmendezsulfato.htm>
- Musgrove, ME; Priestley, DA; Leopoldo, AC. 1980. Methanol stress as a test of seed vigor. Crop Sci. 20(5):626-630.
- Pla Sentis, I; Florentino, A. 1985. Diagnóstico de problemas de salinidad en suelos "salino-ácidos" de las llanuras costeras al norte de los estados Falcón y Anzoátegui. Rev. Fac. Agron. (Maracay), XIV (1-2):117-123.
- 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, CJ; López-Acevedo, RM; Roquero De, LC. 1999. Edafología. Mundi-Prensa. España. p. 454; 657-705.
- Renault, S; Croser, C; Franklin, J; Zwiazek, J. 2001. Effects of NaCl and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> on red-osier dogwood (*Cornus stolonifera* Michx) seedlings. Plant Soil 233(2):261-268.
- Shannon, MC. 1997. Genetics of salt tolerance in higher plants. In: Jaiwal, PK; Singh, RP; Gulati, A. eds. Strategies for improving salt tolerance in higher plants. Oxford: BIJ. p. 265-289.
- Villafañe, R. 1995. Detección de suelos afectados por sales en áreas bajo riego de los estados Portuguesa, Barinas y Lara, Venezuela. Agronomía Tropical 54(3):445-456.
- Wong R, LA. 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. p. 14-94.