

NOTA TÉCNICA

## EFECTO DEL TAMAÑO DE LA SEMILLA SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE MAÍZ BAJO SEQUÍA<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 sequía.** El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres frecuencias de riego (tres niveles de tensión de humedad en el suelo) sobre el crecimiento de plántulas de maíz en Monagas, Venezuela, del 13 al 29 de junio de 2003. Se estimó la curva de retención de humedad del suelo, y mediante análisis de regresión, las ecuaciones de ajuste de las rectas. Se sembró en bandejas de aluminio, 10 kg suelo/bandeja y 50 semillas. El diseño estadístico fue parcelas divididas, cuatro repeticiones, parcela principal: tensiones de humedad del suelo (0, -0,6 y -1,2 MPa), subparcelas: dos cultivares de maíz (Himeca 95 y Pioneer 3031), y sub-subparcelas: tres tamaños de semillas ( $<0,32$  g;  $\geq 0,32-0,36$  g  $\leq$ , y  $>0,36$  g.). Se evaluó: altura de la plántula, longitud y volumen radicular, pesos frescos y secos del vástago y la radícula, relación altura de la plántula/longitud radicular, relación peso seco del vástago/peso seco radicular. Las medias se separaron mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5% de probabilidad. Fue posible discriminar entre cultivares para esta condición de estrés con una tensión de la humedad del agua en el suelo de -1,2 MPa (Himeca 95 fue superior a Pioneer 3031). El tamaño de la semilla no influyó el crecimiento en las condiciones de sequía.

**Palabras clave:** *Zea mays*, peso de semilla, estrés hídrico, altura de plántulas.

### ABSTRACT

**Effect of seed size on seedling growth of corn under drought conditions.** The objective of this work was to study seedling growth in relation to three seed sizes in two corn cultivars evaluated under three irrigation intervals, in Monagas, Venezuela, from June 13 to 29, 2003. Retention curves of soil moisture were determined by Richards' method and the fit equations were estimated by regression analysis in order to calculate the fluctuation range of soil water pressure in each irrigation interval for each frequency established. Sowing was carried out in aluminum trays using 10 kg of soil/tray and 50 seeds. A double split-plot design was used with four replications; the main plots were the osmotic potentials (0.0, - 0.6 and - 1.2 MPa), the sub-plots were the two corn cultivars (Himeca 95 and Pioneer 3031) and the sub-sub-plots were three seed sizes ( $< 0.32$  g;  $\geq 0.32 - 0.36$  g  $\leq$  and  $> 0.36$  g.). The following variables were evaluated: 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%. It was possible to discriminate for drought tolerance in seedling growth stage with osmotic potentials of - 1.2 MPa (cultivar Himeca 95 was more tolerant than Pioneer 3031). Seed size did not affect seedling growth.

**Key words:** *Zea mays*, seed weight, water 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

Los periodos inusuales de sequedad, por ejemplo, las sequías, son por lo tanto características normales de los sistemas del clima y tiempo en todos los países, incluyendo aquellos que generalmente se consideran “secos” y “fríos”, y también las regiones usualmente asociadas con el término “sequía”, las áreas semiáridas de los trópicos. Las sequías no deben considerarse como sucesos “anormales” y todos los países deberían estar preparados para recibirlos. En el sector agrícola, la sequía se refiere al déficit marcado y permanente de lluvia que reduce significativamente la producción agrícola con relación a la normal o los valores esperados para una región dada.

La sequía agrícola se da por efectos meteorológicos y/o hidrológicos en el rendimiento de los cultivos. Estos últimos requieren de condiciones particulares de temperatura, humedad y nutrientes durante su crecimiento para que puedan alcanzar su máximo desarrollo. Si la disponibilidad de humedad es menor que la cantidad requerida durante el ciclo de crecimiento, entonces éste se verá afectado y la producción se reducirá. Sin embargo, la sequía puede causar diversos impactos en cultivos y reducir anualmente los rendimientos del maíz cerca de 15 % en las tierras bajas tropicales y subtropicales, llegando a causar pérdidas estimadas en 16 millones de toneladas de grano (Edmeades *et al.* 1992).

El cultivo de selección de plantas tolerantes a la sequía es una alternativa de gran valor para la explotación en áreas propensas a esta condición, Méndez *et al.* (2002c). En Venezuela, existen pocos antecedentes sobre esta temática, aunque la literatura internacional lo abarca con profundidad, la misma refleja una gran diversidad de dispositivos experimentales, métodos de investigación, técnicas y criterios interpretativos, lo que sumado a las diferencias debidas a la localización, cultivos y cultivares empleados, hace difícil la utilización de esta literatura.

Una prueba de calidad de semillas tiene tres objetivos relacionados: primero, predecir la vida de almacenamiento de un lote de ellas

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 su calidad, sin embargo, requiere de equipos especializados lo que encarece y dificulta su realización. Este 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 sequía. Otro método para la identificación de semillas de calidad en diferentes lotes almacenados, y que al mismo tiempo permite estudiar el efecto del estrés hídrico, de una manera sencilla, no costosa y sin requerir de equipos especializados, consiste en la siembra de semillas de distintos lotes almacenados o cultivares, en condiciones de invernadero, usando como sustrato suelo sometido a diversas frecuencias de riego.

Un aspecto poco estudiado, es la existencia de 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 condiciones de sequía. Observaciones realizadas en genotipos de maíz por Muchena y Grogan (1977) indican 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. Esto sugiere la posible selección de un determinado tamaño de semilla de un cultivar con objeto de brindar mayor tolerancia al estrés durante la germinación o durante los primeros días de crecimiento de las plántulas.

La consideración de que el proceso de producción de maíz 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 condiciones de estrés. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de tres frecuencias de riego que produjeron tres niveles de tensión de humedad en el suelo sobre el crecimiento de plántulas a partir de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz, en condiciones de invernadero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación

El presente trabajo se realizó en el Invernadero del Postgrado en Agricultura Tropical de la Universidad de Oriente, en Maturín, estado Monagas, Venezuela, del 13 al 29 de junio de 2003.

### Procedencia del suelo

Se usó suelo no esterilizado (previamente secado al aire y cernido a través de un tamiz de

mallita de 3 mm), obtenido de una franja entre los 5 y 20 cm de profundidad proveniente de las parcelas experimentales del *Campus* Los Guaritos de la Universidad de Oriente, Maturín, Edo. Monagas, Venezuela. Las características físicas y químicas del suelo se determinaron a través del análisis respectivo en el Laboratorio de Servicios Agroambientales (LABSEA) de esta universidad (Cuadro 1). El suelo usado presentó textura areno francosa, un contenido medio de P, alto de calcio, y bajo de magnesio y potasio, bajo en materia orgánica y pH ácido.

### Determinación del rango de fluctuación en la tensión del agua en el suelo

Al suelo se le realizó una estimación de la curva de retención de humedad con base en la metodología de las ollas de presión (método de Richards) a 0,033; 0,1; 0,3; 1,0 y 1,5 MPa. Con los valores obtenidos se calcularon mediante análisis de regresión las ecuaciones de ajuste de las rectas.

**Cuadro 1.** Características físicas y químicas del suelo empleado en el ensayo de germinación de semillas y crecimiento de plántulas a partir de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), bajo tres tensiones de humedad del suelo en Monagas, Venezuela. Junio 2003.

Parámetros	Fertilidad	
	Unidad	Suelo Jusepín
pH	---	5,00
P	mg/kg	15,90
Ca <sup>++</sup>	cmol/kg	1,01
Mg <sup>++</sup>	cmol/kg	0,22
K <sup>+</sup>	cmol/kg	0,02
Na <sup>+</sup>	cmol/kg	-
Al <sup>+++</sup>	cmol/kg	0,26
H <sup>+</sup>	cmol/kg	0,25
(H+Al)	cmol/kg	0,51
CICE	cmol/kg	1,74
% SAT AL	%	14,90
M.O.	%	0,86
Textura		
Arcilla	%	7,20
Clase		Arenofranco (aF)

Se estimó el rango de variación en la tensión del agua del suelo dentro de cada intervalo de riego para cada frecuencia establecida. Para ello, se determinó el contenido de humedad de cada unidad experimental diariamente, a la misma hora, por diferencia en peso entre el valor correspondiente a capacidad de campo y el valor obtenido al momento de evaluar. Se estableció la equivalencia del contenido de humedad del suelo en términos de tensión del agua mediante la ecuación que mejor se ajustó, de acuerdo a la curva de retención de humedad previamente determinada.

Una vez obtenida la tensión del agua en el suelo para cada unidad experimental, se efectuó la aplicación del riego a capacidad de campo a aquellas unidades que así correspondía conforme a las frecuencias de riego establecidas.

### **Cultivares, selección de la semilla**

Se utilizó semilla certificada de los cultivares comerciales de maíz: Himeca 95 y Pioneer 3031, con un contenido de humedad promedio de 12 %, tratadas con carboxin 17 % + thiram 17 %, para prevenir el crecimiento de hongos durante la germinación. Dos kilogramos de semillas de cada cultivar fueron sometidos a un proceso de selección, se separaron con base al peso individual, en tres intervalos y en lotes de 300 semillas:  $< 0,32$  g,  $\geq 0,32 - 0,36 \leq$  g, y  $> 0,36$  g.

### **Diseño experimental y siembra**

Se empleó el diseño estadístico de parcelas divididas con cuatro repeticiones, donde la parcela principal la conformaron las tensiones de humedad del suelo (0 MPa (Testigo), -0,6 MPa y -1,2 MPa), ocasionadas por riego diario (24 h), interdiario (48 h) y cada dos días (72 h), respectivamente. Las Subparcelas, los dos cultivares de maíz (Himeca 95 y Pioneer 3031), y las Sub-subparcelas, los tres tamaños de las semillas menos de 0,32 g, entre 0,32 y 0,36 g y mayores de 0,36 g.

Se emplearon 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 agua para eliminar el exceso de desinfectante. Cada bandeja con 10 kg de suelo y 50 semillas arregladas en lotes de 25 de acuerdo al tratamiento correspondiente (repetición, sustrato, cultivar, tamaño de la semilla), distribuidas en cinco hileras de cinco semillas c/u (distancia entre plantas 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.

### **Variables medidas y análisis estadístico**

Las respuestas de los cultivares de maíz a los distintos tratamientos fueron evaluadas a través de las siguientes variables: altura de la plántula (cm): evaluada 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 se estimaron a los 16 dds: 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 (tallo y hojas) 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. Se calcularon los coeficientes de variación para los tres factores (parcela principal, sub-parcela y sub-sub-parcela). Gomes (1984) señala que el coeficiente de variación, al ser un número abstracto, independiente de la unidad empleada, por sus valores permite indicar el grado de confiabilidad del experimento, y los

clasifica en valores bajos cuando son menores de 10 %, medios, cuando están comprendidos entre 10 y 20 % y altos, entre 20 y 30 % y coeficientes de variación muy altos con valores mayores de 30 %. Esta clasificación está vinculada a la precisión del experimento o a las propias características y/o variabilidad inherente del material biológico empleado.

## RESULTADOS

### Altura de la plántula (cm)

Hubo diferencias estadísticas para la altura de la plántula a los cuatro, ocho, 12 y 16 dds (datos no mostrados) en el potencial osmótico y en todas las fechas de evaluación, para el factor cultivar de maíz a los cuatro y ocho dds y para el factor tamaño de la semilla a los ocho, 12 y 16 dds, mientras que la interacción potencial osmótico x cultivar de maíz fue significativa a los ocho y 16 dds. Las fuentes de variación restantes no presentaron diferencias significativas. Los coeficientes de variación fueron de bajos a intermedios para todos los factores ( $\leq 15,0\%$ , para la altura de plántulas a los cuatro dds).

La prueba de separación de medias para la altura de las plántulas por efecto del factor potencial osmótico a los cuatro dds (Cuadro 2), refleja que las plántulas más altas crecieron en el potencial osmótico testigo (0 MPa), seguidas las crecidas en el potencial osmótico de -0,6 MPa, y éstas por las del potencial osmótico de -1,2 MPa. Hubo mayor altura de las plántulas, por efecto del factor potencial osmótico a los 12 dds (Cuadro 2), en el potencial osmótico testigo (0 MPa), seguidas por las del potencial osmótico de -0,6 MPa, y estas por las del potencial osmótico de -1,2 MPa. En la prueba de medias para el factor cultivar a los cuatro dds la mayor altura fue la de Himeca 95 (Cuadro 3).

La prueba de separación de medias para el factor tamaño de la semilla a los ocho dds (Cuadro 4) indica que las semillas grandes y medianas fueron similares entre sí, y produjeron plántulas de mayor altura, que aquellas de menor

**Cuadro 2.** Promedios para la altura de la plántula (cm) a los cuatro y 12 días después de la siembra (dds) de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), bajo tres tensiones de humedad del suelo, Monagas, Venezuela. Junio de 2003.

Potencial Osmótico (MPa)	Altura de la plántula (cm) *	
	4 dds	12 dds **
0	1,22 a	30,61 a
-0,6	1,08 b	25,31 b
-1,2	0,77 c	19,74 c

\* Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Promedios en la misma columna seguidos de igual letra no presentaron diferencias estadísticas.

\*\* dds: días después de la siembra.

**Cuadro 3.** Promedios para la altura de la plántula (AP) (cm) a los cuatro días después de la siembra y para el peso fresco del vástago (PFV) (g) a los 16 días después de la siembra de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), bajo tres tensiones de humedad del suelo. Monagas, Venezuela. Junio de 2003.

Cultivar	AP (cm) *	PFV (g) *
Pioneer 3031	1,10 a	1,35 a
Himeca 95	0,95 b	1,16 b

\* Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Promedios en la misma columna seguidos de igual letra no presentaron diferencias estadísticas.

tamaño. La prueba de medias para el factor tamaño de la semilla a los 12 dds (Cuadro 4) señala que las grandes produjeron las plántulas más altas, seguidas por las medianas, y estas por las pequeñas. La prueba de promedios para el factor tamaño de la semilla a los 16 dds (Cuadro 4), indica que las grandes y medianas fueron similares entre sí, y produjeron plántulas de mayor altura, que aquellas de menor tamaño.

**Cuadro 4.** Promedios para la altura de la plántula (cm) a los ocho, 12 y 16 días después de la siembra (dds) de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), bajo tres tensiones de humedad del suelo. Monagas, Venezuela. Junio de 2003.

Tamaño de las semillas (g)	Altura de la plántula (cm) *		
	8 dds **	12 dds	16 dds
> 0,36	14,60 a	26,12 a	33,15 a
≥ 0,32 – 0,36 ≤	14,05 a	25,31 b	32,77 a
< 0,325	13,20 b	24,23 c	31,38 b

\* Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Promedios en la misma columna seguidos de igual letra no presentaron diferencias estadísticas.

\*\* dds= días después de la siembra.

Al analizar la interacción potencial osmótico x cultivar a los ocho dds (Cuadro 5) en ambos cultivares las plántulas más altas crecieron en el potencial osmótico testigo (0 MPa), y redujeron su altura conforme éste aumentó. Al comparar entre cultivares a un mismo nivel de potencial osmótico Himeca 95 presentó mayor que Pioneer

**Cuadro 5.** Promedios para la altura de la plántula (cm) a los ocho días después de la siembra de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), bajo tres tensiones de humedad del suelo. Monagas, Venezuela. Junio de 2003.

Potencial Osmótico(MPa)	Altura de la Plántula (cm)*	
	Cultivar	
	Himeca 95	Pioneer 3031
0	15,26 Ab	18,24 Aa
-0,6	14,13 Bb	16,58 Bb
-1,2	9,07 Cb	10,29 Ca

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

3031 en todos los potenciales estudiados. Al analizar la interacción potencial osmótico x cultivar a los 16 dds (Cuadro 6), en ambos cultivares las plántulas más altas se obtuvieron en el testigo (0 MPa), seguidas las cultivadas en el de -0,6 MPa, y éstas por las de -1,2 MPa. Al comparar entre cultivares a un mismo nivel de potencial osmótico, no existieron diferencias entre los cultivares en todos los potenciales evaluados.

**Cuadro 6.** Promedios para la altura de la plántula (cm) a los 16 días después de la siembra de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), bajo tres tensiones de humedad del suelo. Monagas, Venezuela. Junio de 2003.

Potencial Osmótico (MPa)	Altura de la Plántula (cm) *	
	Cultivar	
	Himeca 95	Pioneer 3031
0	36,70 Aa	38,99 Aa
-0,6	33,20 Ba	33,48 Ba
-1,2	26,63 Ca	25,62 Ca

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

### Longitud de la radícula (cm)

El análisis de varianza para la longitud de la radícula a los 16 dds (datos no mostrados) indicó efecto significativo sólo para los factores simples potencial osmótico y tamaño de la semilla. Los coeficientes de variación fueron bajos y similares en los tres factores (10,04; 9,30 y 10,42% para potencial osmótico, cultivar de maíz y tamaño de semillas, respectivamente). La prueba de promedios para la longitud de la radícula por efecto del factor potencial osmótico (Cuadro 7) evidenció radículas más largas en el testigo ( $\psi_{OS} = 0$  MPa), intermedias en longitud a -0,6 MPa, y las más

cortas en -1,2 MPa. En la separación de medias para el factor tamaño de la semilla (Cuadro 8), las radículas de mayor longitud correspondieron a las de tamaño grande, estadísticamente iguales a las radículas provenientes de tamaño mediano, y la menor longitud para las originadas de las semillas pequeñas.

### Volumen radicular (ml)

El análisis de varianza para el volumen de la radícula a los 16 dds hubo diferencias estadísticas sólo para los factores simples potencial osmótico y tamaño de la semilla (datos no mostrados). El coeficiente de variación fue alto (27,29 %) en la parcela principal. La prueba de promedios para el factor potencial osmótico (Cuadro 7) indica un mayor volumen radicular para las plántulas crecidas en el testigo ( $\psi_{OS} = 0$  MPa), seguido por el de las que crecieron a -0,6 y -1,2 MPa, estos últimos estadísticamente similares entre sí. La separación de medias para el factor tamaño de la semilla (Cuadro 8) muestra que las grandes y pequeñas fueron estadísticamente similares entre sí con mayores volúmenes radiculares que las pequeñas.

### Peso fresco del vástago (g)

El análisis de varianza para peso fresco del vástago (datos no mostrados) señala diferencias

significativas para los efectos simples potencial osmótico, cultivar de maíz y tamaño de semilla. El coeficiente de variación fue muy alto en el factor potencial osmótico (parcela principal) con 66,21 %.

En el Cuadro 7, se presenta la prueba de separación de medias para el factor potencial osmótico, el mayor peso fresco del vástago en las plántulas que crecieron en el testigo ( $\psi_{OS} = 0$  MPa) fue estadísticamente igual al peso fresco en el potencial osmótico de -0,6 MPa, y el menor peso fresco para las crecidas a -1,2 MPa. En la prueba de medias para el factor cultivar el mayor peso fresco del vástago fue para Pioneer 3031 (Cuadro 3).

La prueba de separación de medias para el factor tamaño de la semilla (Cuadro 8) mostró que los mayores pesos correspondieron a los vástagos provenientes de plántulas originadas de semillas grandes y medianas, iguales entre sí, y superiores estadísticamente a las pequeñas.

### Peso fresco de la radícula (g)

El análisis de varianza para el peso fresco de la radícula a los 16 dds (datos no mostrados) denotó diferencias significativas sólo para el factor tamaño de semilla y la interacción potencial osmótico por cultivar. El coeficiente de variación fue alto en el factor potencial osmótico (parcela principal) con 30,67 %.

**Cuadro 7.** Promedios para la longitud de la radícula (LR) (cm), volumen de la radícula (VR) (ml), peso fresco del vástago (PFV) (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.), bajo tres tensiones de humedad del suelo. Monagas, Venezuela. 2003.

Potencial Osmótico (MPa)	LR (cm) *	VR (ml) *	PFV (g) *	RAP/LR *	RPSV/PSR *
0	1,17 a	2,18 a	1,73 a	1,22 a	0,83 a
-0,6	8,06 a	1,69 b	1,26 ab	1,20 a	0,76 a
-1,2	3,42 c	1,39 b	0,78 b	1,13 b	0,59

\* Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Promedios en la misma columna seguidos de igual letra no presentaron diferencias estadísticas.

Al analizar la interacción potencial osmótico por cultivar (Cuadro 9) ambos cultivares presentaron el mayor peso fresco de la radícula en el testigo ( $\psi_{OS} = 0$  MPa) estadísticamente similares entre sí, y superiores a los pesos frescos de los cultivares en los potenciales osmóticos de -0,6 y -1,2 MPa, éstos últimos estadísticamente iguales entre sí. Al analizar entre cultivares dentro de un mismo potencial Himeca 95 presentó un menor peso fresco de la radícula respecto a Pioneer 3031 en el menor potencial osmótico.

La prueba de medias para el factor tamaño de las semillas (Cuadro 8) muestra que los mayores pesos frescos de las radículas se obtuvieron con las de tamaño mediano y grande, similares estadísticamente entre sí y superiores a los pesos frescos de las radículas provenientes de las pequeñas.

#### Peso seco del vástago (g)

El análisis de varianza para el peso seco del vástago (datos no mostrados) hubo diferencias significativas sólo para los factores simples potencial: osmótico y tamaño de semilla y para la interacción potencial osmótico x cultivar de maíz. Los coeficientes de variación fueron bajos en todos los factores. Al analizar la interacción (Cuadro 10) en ambos cultivares el mayor peso seco del vástago se obtuvo en las plántulas que

crecieron en el testigo ( $\psi_{OS} = 0$  MPa) seguido por el de las que crecieron en -0,6 MPa, y éstas por las que crecieron a -1,2 MPa. Al comparar entre cultivares para un mismo nivel de potencial, Himeca 95 presentó un mayor peso seco del vástago respecto a Pioneer 3031 en el testigo ( $\psi_{OS} = 0$  MPa), posiblemente por un mayor vigor, ambos cultivares fueron estadísticamente iguales en el peso seco en el potencial de -0,6 MPa, y Pioneer 3031 presentó un mayor peso seco del vástago respecto a Himeca 95 en el potencial osmótico de -1,2 MPa.

La prueba de separación de medias para el factor tamaño de las semillas (Cuadro 8) mostró una tendencia a disminuir el peso seco de los vástagos conforme disminuyó su tamaño, con valores distintos estadísticamente entre los diferentes tamaños de semilla.

#### Peso seco de la radícula (g)

En el análisis de varianza para el peso seco de la radícula a los 16 dds (datos no mostrados) hubo significación estadística para el factor simple tamaño de la semilla y para la interacción potencial osmótico x cultivar de maíz. Los coeficientes de variación fueron de bajos a intermedios en todos los factores ( $\leq 15,22$  %, para la sub-sub-parcela, es decir, el factor tamaño de la semilla).

**Cuadro 8.** Promedios para la longitud de la radícula (LR) (cm), volumen de la radícula (VR) (ml), peso fresco del vástago (PFV) y la radícula (PFR) (g), y peso seco del vástago (PSV) 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.), bajo tres tensiones de humedad del suelo. Monagas, Venezuela. Junio de 2003.

Tamaño de las semillas (g)	LR (cm) *	VR (ml) *	PFV (g) *	PFR (g) *	PSV (g) *	PSR (g) *
> 0,36	28,47 a	1,88 a	1,30 a	1,76 a	0,12 a	0,16 a
$\geq 0,32$ - $0,36 \leq$	27,81 ab	1,86 a	1,32 a	1,80 a	0,11 b	0,16 a
< 0,325	26,37 b	1,52 b	1,13 b	1,47 b	0,10 c	0,13 b

\* Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ( $p \leq 0,05$ ). Promedios en la misma columna seguidos de igual letra no presentaron diferencias estadísticas.

**Cuadro 9.** Promedios para el peso fresco de la raíz (g) a los 16 días después de la siembra de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), bajo tres tensiones de humedad del suelo. Monagas, Venezuela. Junio de 2003.

Potencial osmótico (MPa)	Peso fresco de la raíz (g) *	
	Cultivar	
	Himeca 95	Pioneer 3031
0	2,06 Aa	2,20 Aa
-0,6	1,48 Ba	1,54 Ba
-1,2	1,57 Ba	1,20 Bb

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

Letras mayúsculas para las comparaciones verticales y letras minúsculas para las comparaciones horizontales.

Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

**Cuadro 10.** Promedios para el peso seco del vástago (g) a los 16 días después de la siembra de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), bajo tres tensiones de humedad del suelo. Monagas, Venezuela. Junio de 2003.

Potencial osmótico (MPa)	Peso seco del vástago (g) *	
	Cultivar	
	Himeca 95	Pioneer 3031
0	0,127 Ab	0,137 Aa
-0,6	0,111 Ba	0,107 Ba
-1,2	0,090 Ca	0,080 Cb

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

Letras mayúsculas para las comparaciones verticales y letras minúsculas para las comparaciones horizontales. Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

La prueba de separación de promedios para el factor tamaño de la semilla (Cuadro 10) mostró los mayores pesos secos de las raíces en

aquellas plántulas provenientes de las grandes y medianas, estadísticamente iguales entre sí y superiores a las pequeñas.

Al analizar la interacción potencial osmótico x cultivar (Cuadro 11), el peso seco de la raíz no varió por efecto del potencial osmótico en el cultivar Pioneer 3031, mientras que para Himeca 95 el mayor peso seco se observó en el testigo ( $\psi_{OS} = 0$  MPa), estadísticamente superior, al potencial osmótico de -0,6 y -1,2 MPa, estos últimos similares entre sí. Al comparar entre cultivares dentro de un mismo potencial, Pioneer 3031 presentó en el testigo ( $\psi_{OS} = 0$  MPa) un menor peso seco de la raíz respecto a Himeca 95 únicamente.

### Relación altura de la plántula/ longitud de la raíz

En el análisis de varianza para la relación altura de la plántula/longitud de la raíz a los 16 dds (datos no mostrados) hubo diferencias significativas para el efecto simple potencial osmótico. Los coeficientes de variación fueron bajos en todos los factores ( $\leq 11,45$  %, para la sub-parcela, es decir, el factor cultivar de maíz).

La prueba de separación de medias para el factor potencial osmótico (Cuadro 7) señala la mayor relación altura de la plántula/longitud de la raíz a 0 y -0,6 MPa, estadísticamente iguales entre sí y superiores al valor obtenido a -1,2 MPa.

### Relación peso seco del vástago/peso seco de la raíz

El análisis de varianza para la relación peso seco del vástago/peso seco de la raíz a los 16 dds (datos no mostrados) mostró diferencias significativas sólo para el factor simple potencial osmótico. Los coeficientes de variación fueron de bajos a intermedios en todos los factores ( $\leq 19,66$  %, para la parcela principal, es decir, el factor potencial osmótico).

La prueba de separación de promedios para el factor potencial osmótico (Cuadro 7) indica que la relación peso seco del vástago/peso seco

**Cuadro 11.** Promedios para el peso seco de la raíz (g) a los 16 días después de la siembra de tres tamaños de semilla de dos cultivares de maíz (*Zea mays* L.), bajo tres tensiones de humedad del suelo. Mongas, Venezuela. Junio de 2003.

Potencial osmótico (MPa)	Peso seco de la raíz (g) *	
	Cultivar	
	Himeca 95	Pioneer 3031
0	0,150 Aa	0,171 Aa
-0,6	0,147 Aa	0,145 Ba
-1,2	0,147 Aa	0,146 Ba

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

Letras mayúsculas para las comparaciones verticales y letras minúsculas para las comparaciones horizontales.

Letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

de la raíz fue mayor a 0 y -0,6 MPa, estadísticamente iguales entre sí y superiores al valor de la relación obtenida en -1,2 MPa.

## DISCUSIÓN

En este ensayo, en el que se utilizó suelo con diferentes tensiones del agua logradas con distintas frecuencias de riego, se presentaron interacciones potencial x cultivar en los caracteres de crecimiento (altura a los ocho y 16 dds, peso fresco del vástago y pesos secos del vástago y de la raíz a los 16 dds) que coinciden en señalar la posibilidad de discriminar entre cultivares para tolerancia a sequía si se trabaja con potenciales de agua en el suelo de -1,2 MPa o superiores.

El crecimiento de las plántulas de maíz se vio afectado por las condiciones de estrés hídrico creadas en el ensayo. Reducciones en los caracteres de crecimiento en distintos cultivares de maíz han sido señalados por Martínez (1999), quién evaluó el estrés de agua en condiciones de invernadero en los cultivares Cargill 717 y

Cargill 633 mediante diversos contenidos de humedad en el suelo (70,94: 46,87 y 31,25 % de capacidad de campo) logrados a través del riego cada cuatro, ocho y 12 días, y observó disminuciones en las variables de crecimiento por efecto del contenido de humedad en el suelo: altura (17,27; 15,81 y 14,15 cm), peso seco de las hojas (556,603; 420 y 362,000 mg) y en el número de hojas (7,46; 7,50 y 6,71) respectivamente (Méndez *et al.* (2002b), al evaluar el efecto de soluciones osmóticas de manitol en tres cultivares de maíz (Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031), encontraron que reducciones en los potenciales osmóticos causaron una disminución de los valores en todos los caracteres de crecimiento. El análisis de regresión indicó que a -9 y -12 bares, la altura de la plántula se redujo 98,64 y 98,53 %, la longitud de la raíz 95,89 y 98,02 %, el número de las hojas 64,89 y 75,71 %, respectivamente.

Méndez *et al.* (2002c), quienes estudiaron el efecto de soluciones del polietileno glicol en tres cultivares de maíz (Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031), encontraron que en general, las disminuciones en los potenciales osmóticos causaron una reducción de los valores en todos los caracteres de crecimiento evaluados, los porcentajes de reducción a -3 y -6 bares fueron respectivamente: 90,64 y 99,57 % para la altura de la plántula; 78,51 y 98,16 % para la longitud de la raíz; 54,56 y 92,33 % para el número de las hojas/plántula; 78,75 y 98,27 % para el peso seco del vástago; 59,37 y 97,88 % para el peso seco de la raíz; 52,09 y 92,30 % para la relación altura de plántula/longitud de la raíz y 52,99 y 93,10 % para la relación peso seco del vástago/peso seco de la raíz. Las disminuciones en los potenciales osmóticos redujeron los valores de todos los caracteres, el efecto más pronunciado se dio en -6 bares. Los resultados indicaron que con el polietileno glycol 400 no se obtuvo diferencias entre cultivares para tolerancia a la sequía.

Al incrementar la concentración de la solución osmótica, la longitud, el volumen y peso seco de la raíz disminuyeron. Al respecto,

De Santa Olalla y De Juan Valero (1993), señalan que el déficit hídrico no sólo reduce la actividad meristemática y el alargamiento radical, sino que aumenta la suberización de las raíces con el consiguiente efecto negativo sobre la absorción de agua y nutrientes. Parecen existir dos efectos del potencial osmótico, a corto plazo (Kramer 1989) la inmersión de raíces en soluciones con potencial osmótico de -2 a -3 bares, produce una deshidratación leve de las membranas de paredes y células, incrementando la resistencia al flujo hídrico; En periodos más largos, se reduce el alargamiento de la raíz y se aumenta la suberización lo cual se traduce en sistemas de raíces más pequeños con mayor resistencia al movimiento del agua que se encuentra en las raíces producidas en disoluciones diluidas (Hayward y Blair 1942).

En la reducción de los caracteres de crecimiento se observó diferente sensibilidad a la sequía entre las radículas y los vástagos. Se apreció una reducción en la relación altura de las plántulas/longitud de las radículas con la disminución del potencial del agua en el suelo. Méndez, *et al.* (2002a), en condiciones de laboratorio en un ensayo en papel al estudiar la relación altura de la plántula/longitud de ésta en los cultivares de maíz Cargill 633, Pioneer 3031 e Himeca 2003, encontraron que ella disminuyó con la reducción del potencial osmótico creado con glucosa.

Las raíces a menudo son menos afectadas por el estrés hídrico que los vástagos y las plantas que a menudo tienen una mayor relación raíz/vástago que las no estresadas (Burnett 2004). En relación a esta observación Parsons (1991), indica que una respuesta a la deficiencia de agua incluye un cambio morfológico que da lugar a una relación mayor de raíz/parte aérea. Esto puede deberse a una disminución del crecimiento del tallo, al aumento del crecimiento de la raíz o a ambos. Hsiao y Acevedo, citados por Parsons (1991), señalan que en maíz, en ciertos casos, la deficiencia hídrica no aumentó el crecimiento de la raíz en relación al tallo. En este estudio, se sugirió que la influencia del agua fue relativamente ligera, de tal modo que se redujo el crecimiento del tallo, pero no se restringió el proceso fotosintético.

Esto permitiría aumentar los fotosintatos, debido al crecimiento degenerado del tallo, los cuales estarían disponibles para el ajuste osmótico y el crecimiento extra de las raíces. La mayor proliferación de la raíz permitiría la exploración de un mayor volumen de suelo y, como consecuencia, una sobrevivencia más larga de la planta. Hsiao y Acevedo sugirieron que estos incrementos absolutos de la raíz podrían ser de utilidad en los cultivos con tubérculos, como la remolacha azucarera. Sin embargo, la raíz del maíz no es un órgano principal de almacenamiento.

Variación entre cultivares en etapas tempranas del crecimiento de plántulas por efecto de estrés hídrico creado con soluciones osmóticas ha sido señalada por Méndez *et al.* (2002a), quienes evaluaron soluciones glucosa y su efecto en los cultivares de maíz Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031, y observaron que a -12 bares la altura de la plántula se redujo en 99,14; 99,20 y 97,4 %, la longitud de la radícula en 98,38; 95,21 y 95,56, el número de hojas en 99,06; 96,20 y 92,54 %, el peso seco del vástago reducido en 97,76; 95,69 y 95,26, y el peso seco de la radícula en 92,28; 95,81 y 91,17 %, respectivamente.

La mayor relación altura de plántula/longitud de radícula fue para Pioneer 3031 fue similar a aquella de Cargill 633, pero superior a la de Himeca 2003, esta relación disminuyó con incrementos en los potenciales osmóticos, resultados similares se obtuvieron para la relación peso seco del vástago/peso seco de la radícula, a excepción de los potenciales de -3 y -6 bares donde fue mayor que el control. La tolerancia al estrés hídrico de los tres cultivares fue mejor diferenciada en soluciones con un potencial osmótico de -6 bares.

El tamaño de la semilla no influyó el proceso de germinación en ninguna de las condiciones de estrés, sin embargo, existió superioridad en el crecimiento de plántulas de maíz originadas a partir de las medianas y grandes en el testigo (0 MPa), por lo que el uso de ellas puede representar una ventaja en suelos no sometidos a sequía. Al respecto, Soltani *et al.* (2002), 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 sus reservas y el crecimiento de plántulas de dos genotipos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.), Jam y Kaka, encontraron que las plántulas provenientes de semillas grandes tuvieron mayores longitudes de raíces y brotes, y tasa de crecimiento que las originadas de las 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. Decrecimientos 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 cuando se disminuyó el potencial osmótico no existieron diferencias significativas entre los tamaños de semilla grande, mediana y pequeña a potenciales osmóticos de -0,6 y -0,9 MPa.

No existieron interacciones potencial osmótico por tamaño de la semilla pero sí efectos simples para tamaño de la semilla, en general las de mayor tamaño produjeron los mayores valores en los caracteres evaluados para crecimiento.

La importancia del peso de la semilla sobre los caracteres de las plántulas, se evidencia en los trabajos de Qiu *et al.* (1994), quienes encontraron que plantas de *Vicia sativa* L. provenientes de semillas grandes tuvieron mayores tasas de elongación del tallo, mayor área foliar y mayores pesos secos de vástago, hojas y raíces que aquellas provenientes de las pequeñas. Cordazzo (2002) estudió el efecto del tamaño de la semilla sobre el crecimiento de *Blutaparon portulacoides*, *Panicum racemosum* y *Spartina ciliata* y encontró que en *P. racemosum*, las semillas grandes produjeron plántulas más

pesadas que las más pequeñas. Las diferencias en el peso de las plántulas fueron significativas sólo entre 20 y 30 días, a partir de allí, las diferencias desaparecieron completamente, mientras que se observaron diferencias significativas entre las plántulas provenientes de semillas grandes y pequeñas de *S. ciliata* cosechadas a 20, 30 y 40 días, las plántulas provenientes de tamaño mediano no difirieron de los extremos, mientras en *B. portulacoides* hubo grandes diferencias en la materia acumulada en las plántulas desarrolladas a partir de las clases de tamaño grande y pequeña, después de 40 días, las plántulas desarrolladas de las primeras fueron dos a tres veces más grandes que aquellas desarrolladas de las semillas medianas y pequeñas, respectivamente.

La aparente superioridad de las semillas grandes para producir plántulas más vigorosas bajo condiciones de no estrés según Saverimuttu y Westoby (1996) deriva del hecho de que una pequeña implica un embrión pequeño con pocas reservas de comida y la plántula proveniente de ésta es dependiente de una muy temprana fase de crecimiento. En contraste, la plántula proveniente de una semilla grande puede tener suficiente reservas para continuar el crecimiento durante un periodo de tiempo más largo.

El alto número de interacciones potencial x cultivar para los caracteres de crecimiento en la presente investigación, sugiere el empleo de suelos con distintas frecuencias de riego que permitan lograr diferentes potenciales del agua en el mismo para la selección de cultivares tolerantes a condiciones adversas de sequía. En consecuencia, el estudio destinado a la selección de cultivares que permitan la explotación de áreas propensas a esta condición puede hacerse en condiciones de laboratorio siempre y cuando se empleen suelos provenientes de aquellas zonas con dicho problema. Lo que convierte este trabajo en un estudio selectivo y específico, que depende, en primer lugar de la identificación y delimitación del área o áreas problema, en segundo, de la caracterización y delimitación de los suelos en ella o ellas presentes, y en tercero, del conocimiento de las condiciones climáticas imperantes, a partir de las cuales establecer los tratamientos a emplear, bien

como frecuencias de riego, o como volúmenes de agua a agregar al suelo.

Por otro lado, en condiciones de sequía muchos suelos forman una costra superficial con una elevada resistencia, lo suficiente para impedir la emergencia. La humedad del suelo influye en la consistencia de la costra y en la capacidad de la semilla germinada para generar la suficiente presión requerida para romperla y nacer. La consistencia de la costra viene determinada por una interacción compleja de muchos factores físicos y químicos, entre los que cabe destacar la textura del suelo, el contenido de materia orgánica y el contenido de humedad. Cuando la consistencia de la costra aumenta la emergencia se reduce a medida que decrece el contenido de agua del suelo (De Santa Olalla y De Juan Valero, 1993). Aspecto que no es reproducible en los ensayos en los que se emplean otros tipos de sustratos como la arena y el papel.

Los coeficientes de variación fueron bajos, en la mayoría de los caracteres fueron bajos. Gómez y Gómez (1984) señalaron que el coeficiente de variación indica el grado de precisión con el cual los tratamientos son comparados, es un buen índice de la confiabilidad del experimento y expresa el error experimental como porcentaje del promedio; así, mientras mayor es el coeficiente de variación, menor es la confiabilidad. Los únicos caracteres que presentaron coeficientes altos de variación fueron volumen radicular y peso fresco de radícula y muy altos para el peso fresco de vástago. Esto puede deberse en parte a que se encontraron en el factor potencial osmótico, es decir, en las parcelas principales. Little y Hills (1984) indicaron que el diseño de parcelas divididas suele sacrificar la precisión en la estimación de los efectos promedios de los tratamientos asignados a las parcelas principales, aunque frecuentemente aumenta la precisión para comparar tratamientos asignados a las sub-parcelas y sub-sub-parcelas. El error experimental para las parcelas principales suele ser mayor que el error experimental utilizado para comparar tratamientos de sub-parcelas y ésta a su vez es mayor que aquel de las sub-sub-parcelas.

Otra posible causa de estos altos coeficientes de variación para los pesos frescos de vástago y

radícula en contraposición a los bajos coeficientes para los pesos secos sugiere una alta variación dentro de un mismo tratamiento para el contenido de agua en los tejidos al momento de la cosecha. Por otra parte, el alto coeficiente de variación para el volumen radicular también pudo deberse a que al momento de la cosecha se desprende parte de la radícula. Esto introduce una fuente de error no medible que se traduce en un mayor error experimental debido a que la medición de este carácter se realiza por desplazamiento de volumen.

Resultados similares han sido reportados por Rodríguez Rengel (2007) en un experimento para evaluar el efecto del desecho de un fluido de perforación base agua no disperso sobre caracteres vegetativos de plántulas en el cultivo de maíz, reportó coeficientes de variación muy altos para el volumen radicular (57,97 %) y peso fresco de radícula (75,34 %) y altos para el peso fresco de vástago (28,89 %), mientras, Méndez Natera *et al.*, (2007a) reportaron coeficientes de variación muy altos para el volumen radicular (37,55 %) y peso fresco de radícula (41,56 %) no así para el peso fresco de vástago (16,09 %) en el cultivo de frijol y Méndez Natera *et al.* (2007b) reportaron coeficientes de variación muy altos para el volumen radicular (76,88%), peso fresco de radícula (70,02 %) y peso fresco de vástago (43,73 %) en el cultivo de girasol.

## CONCLUSIONES

Las tensiones de humedad logradas a través de las frecuencias de riego, permitieron seleccionar cultivares tolerantes a esta condición de estrés durante los primeros días del crecimiento de las plántulas con una tensión de la humedad en el suelo de -1,2 MPa, en esta etapa del ciclo biológico Himeca 95 superior a Pioneer 3031.

El tamaño de la semilla no influyó el crecimiento de las plántulas bajo condiciones de estrés hídrico, sin embargo, existió superioridad en su crecimiento a partir de semillas medianas y grandes en el testigo (0 MPa), por lo que el uso de tales semillas puede representar una ventaja en suelos no sometidos a sequía.

## 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

- Cordazzo, CV. 2002. Effect of seed mass on germination and growth in three dominant species in Southern Brazilian coastal dunes. *Braz. J. Biol.* 62(3):427-435.
- De Santa Olalla, MF; De Juan Valero, JA. 1993. *Agronomía del Riego*. Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 127-221.
- Burnett, SE. 2004. Effects of polyethylene glycol on the morphology of ornamental seedlings. Dissertation for Doctor of Philosophy of The University of Georgia. Athens, Georgia. 213 p.
- Edmeades, GO; Bolaños, J; Lafitte, HR. 1992. Progress in breeding for drought tolerance in maize. In D. Wilkinson, ed. *Proc. 47th Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf.*, Chicago, Illinois, Dec. 1992. Washington, DC, ASTA. p. 93-111.
- Ellis, RH; Roberts, EH. 1980. Towards a national basis for testing seed quality. In *Seed production*. Hebblethwaite. p. 605-635.
- Gomes, PF. 1984. A estatística moderna na pesquisa agropecuária. *Asociación Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato*. Piracicaba, SP. Brasil. 160 p.
- Gomez, KA; Gomez, AA. 1984. *Statistical procedures, For Agricultural Research*. 2 ed. Wiley & Sons. New York, U.S.A. 680 p.
- Hayward, HE; Blair, WM. 1942. Algunas respuestas de naranjos valencianos jóvenes a concentraciones variables de cloruro e iones de hidrógeno. *Amer. J. Bot.* 29:148-155.
- Kramer, P. J. 1989. Relaciones hídricas de suelos y plantas. Harla. México. p. 234-240.
- Little, TM; Hills, J. 1984. *Métodos estadísticos para la investigación en agricultura*. Quinta reimpresión. Traducido por A de P Crespo. Editorial Trillas. México. 270 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 Natera, JR; Otahola Gómez, VA; Pereira Garantón, RE; Simosa Mallé, JA; Tellis, L, Zabala, E. 2007a. Comparación del desecho de un fluido de perforación base agua no disperso con la fertilización química en el cultivo de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Idesia* (Chile) 25(1):7-20.
- Méndez Natera, JR; Otahola Gómez, VA; Rodríguez Rengel, M. El V; Simosa Mallé, JA; Tellis, L; Zabala, E. 2007b. Comparación del desecho de un fluido de perforación base agua no disperso con la fertilización química en el cultivo de girasol (*Helianthus annuus* L.). *Revista UDO Agrícola* 7(1):195-203.
- 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 III. Glucosa. VI Festival del Maíz. VI Jornada Científica Nacional del Maíz. Del 20 al 23 de noviembre del 2002. Maracay, Estado Aragua. (en línea). Consultado: 10 agosto 2004. Disponible en: [www.Trabajos\carteles\tecnosemilla\jmdenzglucosa.htm](http://www.Trabajos\carteles\tecnosemilla\jmdenzglucosa.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 IV. Manitol. VI Festival del Maíz. VI Jornada Científica Nacional del Maíz. Del 20 al 23 de noviembre del 2002. Maracay, Estado Aragua. (en línea). Consultado: 10 agosto 2004. Disponible en: [www.Trabajos\carteles\tecnosemilla\jmdenzmanitol.htm](http://www.Trabajos\carteles\tecnosemilla\jmdenzmanitol.htm).
- Méndez N, JR; Ibarra P, FT; Merazo P, JF. 2002c. Germinación de semillas y desarrollo de plántulas de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) bajo soluciones osmóticas V. Polietileno glicol. VI Festival del Maíz. VI Jornada Científica Nacional del Maíz. Del 20 al 23 de noviembre del 2002.

- Maracay, Estado Aragua. (en línea). Consultado: 10 agosto 2004. Disponible en: [www.Trabajos\carteles\tecnosemilla\jmendezpeg.htm](http://www.Trabajos\carteles\tecnosemilla\jmendezpeg.htm).
- Muchena, SC; Grogan, CO. 1977. Effects of seed size on germination of corn (*Zea mays*) under simulated water stress conditions. *Can. J. Plant. Sci.* 57:921-923.
- Musgrove, ME; Priestley, DA; Leopoldo, AC. 1980. Methanol stress as a test of seed vigor. *Crop Sci.* 20(5):626-630.
- Parsons, L. 1991. Respuestas de la planta a la deficiencia de agua. *In: Mejoramiento de Plantas en Ambientes poco Favorables*. Limusa. Balderas 95, México. p. 211-231.
- Qiu, J; Mosjidis, JA; Williams, JC. 1994. Seedling growth as affected by seed weight in common vetch. *Agron. J.* 86:251-255.
- Rodríguez Rengel, M. del V. 2007. Utilización de un fluido de perforación virgen como fertilizante en los cultivos: maíz (*Zea mays* L.), girasol (*Helianthus annuus* L.) y tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero. Trabajo de Grado para Ingeniero Agrónomo. Universidad de Oriente, Venezuela. 273 p.
- Soltani, A; Galeshi, S; Zeinali, E; Latifi, N. 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.
- Swanborough, P; Westoby, M. 1996. Seedling relative growth rate and its components in relation to seed size: phylogenetically independent contrasts. *F. Ecol.* 10:176-184.