

GERMINACIÓN Y EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE MAÍZ EN LABORATORIO, INVERNADERO Y CAMPO¹

**Carlos Eduardo Bolívar², Jesús Rafael Méndez Natera²,
Víctor Alejandro Otahola Gómez²**

RESUMEN

Germinación y el crecimiento de plántulas de maíz en laboratorio, invernadero y campo. El objetivo de este trabajo fue evaluar la germinación de semillas certificadas y de producción local de maíz. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se realizaron dos etapas: la primera bajo condiciones de laboratorio e invernadero en octubre 2003 y la segunda bajo condiciones de campo entre octubre y noviembre 2003. Bajo condiciones de laboratorio no hubo diferencias significativas para los caracteres evaluados a ocho días después de la siembra: germinación, peso seco del vástago y de radícula, altura de plántula, número de hojas/plántula y diámetro del tallo. En condiciones de invernadero no hubo diferencias para la germinación a cuatro, ocho y 12 días después de la siembra y resto de los caracteres a excepción de la germinación a 16 días, peso seco del vástago, altura de plántulas a 12 y 16 días, número de hojas a ocho, 12 y 16 días y diámetro del tallo entre los lotes de semillas. Tampoco hubo diferencias significativas para los caracteres evaluados en condiciones de campo. En condiciones de invernadero, los diferentes lotes de semillas certificadas presentaron una alta germinación superando a aquellos de producción artesanal. Bajo condiciones de laboratorio y de campo todos los lotes presentaron una germinación mayor al 90 %, superando el valor establecido por el SENASEM para semilla certificada de maíz (>88 %). Sobresalió Pioneer 3018 (2002) en la mayoría de los caracteres.

Palabras clave: *Zea mays*, porcentaje de germinación, altura, peso de vástago y radícula.

ABSTRACT

Corn seed germination and seedling growth under laboratory, greenhouse and field conditions. The objective of this work was to evaluate seed germination and seedling growth in nine lots of corn seeds, four from certified seeds and five from artisan production. A random complete block design with four replications was used. The experiment was carried out in two stages: first, under laboratory and greenhouse conditions in October 2003. The second was made under field conditions between October and November 2003. Under laboratory conditions, there were not significant differences for any variables evaluated at 8 days after sowing (das): germination, dry shoot and radicle weight, seedling height, number of leaves/seedling and stem diameter. Under greenhouse conditions, there were not differences in germination at 4, 8 and 12 das, and in the rest of variables excepting germination at 16 das, dry shoot weight, seedling height at 12 and 16 das, number of leaves at 8, 12 y 16 das and stem diameter among seed lots. There were not significant differences for all variables evaluated under field conditions. Under greenhouse conditions, certified seeds showed higher germination than seeds from artisan production. Under laboratory and field conditions, all seed lots presented germinations greater than 90 %, surpassing the value established by SENASEM for certified seeds (>88 %). The cv. Pioneer 3018 (2002) was outstanding for most of the characters evaluated.

Key words: *Zea mays*, seed germination, height, shoot and radicle weight.

¹ Recibido: 13 de abril, 2007. Aceptado: 30 de noviembre, 2007.

² Departamento de Ciencias, Unidad de Estudios Básicos, y Departamento de Agronomía, Escuela de Ingeniería Agronómica, Núcleo Monagas. Universidad de Oriente. Avenida Universidad. Campus Los Guaritos. Maturín, 6201. Monagas, Venezuela. carlosebolivar@cantv.net, jmendezn@cantv.net y votahola@cantv.net

INTRODUCCIÓN

El maíz junto con el arroz y el trigo es uno de los cereales de mayor importancia, representa el componente energético más importante en la dieta del venezolano, por esa razón es considerado un cultivo estratégico para el país. En el Venezuela en los años 2004 y 2005 se obtuvieron 2.068.465 y 2.115.690 t, con un área sembrada de 601.498 y 640.066 ha y promedios de 3.439 y 3.305 kg/ha respectivamente (FEDEAGRO 2006).

La pérdida de la calidad natural de una semilla es irreversible, y la afectan un gran número de factores que pueden actuar aislada o conjuntamente. Como esta acción es acumulativa, es imposible evaluar la intensidad con que uno de ellos contribuye a la degeneración de una semilla en almacenes, transporte y depósitos comerciales (Vaz de Mello 1980).

Las semillas sanas y recién cosechadas tienen el máximo potencial germinativo. Después de la cosecha las semillas son almacenadas bajo condiciones secas, pero no están exentas a la humedad circulante, perdiendo gradualmente vigor y viabilidad, aún en las mejores condiciones. Si las semillas son invadidas por hongos en el almacén, la pérdida de la calidad puede ocurrir muy rápidamente y la semilla será no apta para la siembra (Harman 1983).

La determinación de la viabilidad de las semillas no es suficiente para medir la calidad y a medida que éstas avancen en edad, sus funciones totales son dañadas, por lo tanto, la germinación decrecerá. El período comprendido entre el tiempo requerido para la primera y última semilla en germinar, se hace progresivamente más grande. El porcentaje de plántulas anormales se incrementa y muchas de ellas presentan punta de raíz que no son capaces de crecer, mientras otras germinan, aunque sucumben a las enfermedades en estado temprano de desarrollo de las plántulas (Moore, citado Oropeza 1979).

Se han manifestado diferencias en la germinación y crecimiento de plántulas de los cultivares de maíz dentro de un mismo cultivar y también diferencias entre cultivares (Viloria 2005). Cuando se evaluó la germinación

de semillas y crecimiento de plántulas de maíz en Maturín, estado de Monagas, Venezuela a nivel de campo, invernadero y laboratorio en doce cultivares comerciales y locales de maíz adquiridos en diferentes años, se encontraron diferencias significativas tanto para las variables de la germinación como para aquellos del crecimiento y desarrollo de las plántulas Viloria (2005). Por otra parte, Cisneros-López *et al.* (2007) evaluaron la asociación entre algunas características de calidad de la semilla de nuevas líneas e híbridos experimentales de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) con las relacionadas con el establecimiento de las plántulas en campo, en 32 genotipos, agrupados en híbridos y sus progenitores: líneas A, B y R; y la variedad VA-110 en Montecillo, México y encontraron diferencias significativas para el porcentaje de germinación y vigor de plántulas a nivel de laboratorio, mientras que a nivel de campo las variables días a 25 %, velocidad y porcentaje final de la emergencia, mostraron diferencias significativas entre los genotipos, por otra parte, la altura de plántula fue similar entre los materiales evaluados.

En relación a la germinación, una ausencia de la distinción entre lotes constituye una justificación para el uso de las pruebas de vigor y por tanto, debe ser atendida en los estudios dirigidos a la estimación de la capacidad de esas evaluaciones para valorar el desempeño relativo de lotes o de tratamientos (Martins y Rodrigues Da Silva 2005).

La calidad de la semilla está determinada por aspectos genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios, que pueden ser evaluados con propósito de estimar si un lote de semillas es apropiada para fines de multiplicación, sin embargo, a pesar de que las semillas presenten al momento de la cosecha un nivel de calidad, ésta no se mantiene, y declina gradualmente como consecuencia del proceso de envejecimiento, acarreado una serie de transformaciones degenerativas (Alizaga 1990).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas en nueve lotes de semillas certificadas y de producción local.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el Laboratorio de Producción de Semillas y en el Invernadero del Centro de Postgrado, en Juanico, Maturín en octubre, 2003 y en el campo experimental de la Escuela de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Maturín entre octubre y noviembre 2003.

Se utilizaron cultivares de maíz, procedentes del sistema informal de producción artesanal de semillas, el valor entre paréntesis representa el año de producción y adquisición de la semilla: Maíz Cariaco Jusepín (2000), Maíz Cariaco San Antonio (2002), Maíz Cariaco Jusepín (2003), Maíz Merideño (2002) y Maíz Merideño (2003) y los cultivares procedentes del sistema formal de producción de semilla certificada: Himeca 95 (2003), Sefloarca 91 (2003), Pioneer 3018 (2002) y Pioneer 3031 (2003). Todos los cultivares tuvieron un porcentaje de germinación superior al 95 % en la fecha de adquisición. Las semillas permanecieron bajo refrigeración (4 ± 1 °C) después de ser adquiridas.

Se determinó el contenido de humedad y peso de 25 semillas por cada repetición en cada tratamiento, posteriormente, fueron colocadas en la estufa a 105 °C durante 24 horas. Después de retiradas de la estufa se obtuvo el peso de las mismas. El porcentaje de humedad se calculó con base al peso húmedo, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\%H = \left(\frac{P_i - P_f}{P_i} \right) \times 100$$

Donde:

%H = Porcentaje de humedad

P_i = Peso inicial

P_f = Peso final

Ensayo de laboratorio

En la prueba de germinación estándar, se colocaron 50 semillas por repetición en bandejas de aluminio perforadas, sobre capas dobles de papel absorbente humedecido y cubiertas

igualmente con una capa doble del mismo papel, previamente humedecido.

Estas bandejas se colocaron sobre mesas en el laboratorio a temperatura climatizada (26 ± 2 °C) y se evaluaron las siguientes variables: Porcentaje de germinación a los cuatro y ocho días después de colocadas las semillas en las bandejas, longitud del tallo (cm) de las plántulas a los ocho días y peso seco de las plántulas, tallos y radículas (g) a los ocho días. Para la determinación del peso seco de las plántulas, tallos y radículas, se tomaron 10 plántulas por repetición de cada uno de los tratamientos y se colocaron, previa identificación, en la estufa a una temperatura 75 °C durante 72 horas y luego se tomaron las medidas de su peso. Relación del número de hojas/altura de plántula a los ocho días y relación del peso seco del vástago/peso seco de la raíz a los ocho días.

Ensayo en invernadero

En el invernadero las semillas se sembraron en cajas de aluminio con arena fina de río sin desinfectar. Se utilizó una distancia de 4 cm entre plantas y 4,5 cm entre hileras para una población de 50 plantas/caja, colocando una semilla por punto a una profundidad de 3 cm.

Las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación a los tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho, 12 y 16 días después de la siembra (dds), número medio de días para completar la germinación, altura de las plántulas (cm) a los ocho, 12 y 16 dds, número de hojas a los ocho, 12 y 16 dds, mientras que a cosecha (16 dds) se determinaron el diámetro del tallo (cm), peso fresco y seco del vástago (tallos y hojas) y de la radícula, y volumen radicular, este último carácter se determinó mediante el desplazamiento de agua al introducir la radícula en un recipiente aforado.

Para evaluar el número medio de días para completar la germinación, se contaron el número de semillas germinadas por día hasta un máximo de 12 días (Hartman y Kester 1975):

$$NMD = \left(\frac{N_1 \times T_1 + N_2 \times T_2 + \dots + N_n \times T_n}{n} \right)$$

Donde:

NMD = Número medio de días para que germine la semilla.

N = Número de semillas germinadas dentro de los intervalos de tiempo consecutivos.

T = Tiempo transcurrido entre el inicio de la prueba y el fin del intervalo

n = Número de semillas germinadas.

Ensayo de campo

En el campo experimental de la Universidad de Oriente, *Campus* Los Guaritos, Maturín, estado Monagas, ubicada geográficamente entre los 9°44' de latitud Norte y los 63°12' de longitud oeste, una altura de 63 msnm, precipitación anual de 1.333 mm y temperatura anual de 25,9 °C. Se evaluaron las variables descritas en el ensayo de invernadero.

Diseño estadístico

Se usó un diseño de bloques completos al azar con nueve tratamientos formados por los nueve lotes de semillas de maíz y cuatro repeticiones para un total de 36 unidades experimentales. Se realizó un análisis de varianza convencional y las diferencias entre los diferentes lotes de semillas se detectaron mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan (Gomez y Gomez 1984). Todas las inferencias estadísticas se realizaron al 5 % de probabilidad. Se realizó un análisis de agrupamiento mediante el método de Ward utilizando todas las variables evaluadas bajo las tres condiciones de cultivo (Hammer *et al.* 2001).

Las parcelas experimentales estaban formadas por nueve hileras de 1,25 m de longitud correspondiendo cada dos hileras a un tratamiento (lotes de semillas), separadas entre sí a 0,25 m, resultando un área de 2,8 m², por lo que el área efectiva de cada tratamiento fue de 0,313 m². El ensayo total estuvo conformado por cuatro bloques de 2,25 m de largo y 1,25 m de ancho, separados entre sí a una distancia de 1 m, resultando un área total de 18 m² y un área efectiva de 11,25 m².

La preparación del terreno y el control de malezas se realizó de forma manual con azadón y rastrillo (previamente se había realizado un pase de rastra para eliminar los restos de cosecha anterior). La distancia de siembra utilizada fue 0,25 m entre hileras y 0,05 entre plantas, para un total de 50 por tratamiento y una población total de 1.800. Las condiciones de suelo para la emergencia en el campo se consideraron favorables en relación a la temperatura y humedad del suelo.

RESULTADOS

Contenido de humedad (%) de la semilla

El análisis de varianza indicó diferencias significativas entre cultivares (datos no mostrados). En el Cuadro 1 se aprecia que los cultivares Cariaco Jusepín 2003 (9,88 %) y Cariaco Jusepín 2000 (9,88 %) fueron estadísticamente superiores al resto de los materiales, pero similares a Merideño 2002 (9,77 %) y Merideño 2003 (7,73 %). Así mismo se observa que el cultivar con menor contenido (%) de humedad fue Himeca 95 2003 (7,56 %).

Ensayo en laboratorio

Para el porcentaje de germinación a los ocho días no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (datos no mostrados). El promedio general fue 96,22 %.

En el peso seco del vástago y de la radícula a los ocho días, no se encontraron diferencias significativas (datos no mostrados). El promedio general fue 0,665 y 4,211 g para el vástago y la radícula, respectivamente.

El análisis de varianza no arrojó diferencias significativas para la altura de planta, número de hojas/planta y diámetro del tallo. El promedio general fue de 10,61 cm, 1,6 hojas y 2,27 cm, respectivamente.

No se encontraron diferencias significativas entre cultivares para la relación del número

Cuadro 1. Promedios para el contenido de humedad (%) de las semillas, porcentaje de germinación a los 16 días después de la siembra (dds) y altura de plántulas a los 12 y 16 dds bajo condiciones de invernadero de nueve lotes de semillas de diferentes cultivares de maíz (*Zea mays* L.). Centro de Postgrado, Juanico, Maturín, Venezuela. 2003.

Cultivar (lote de semilla)	Contenido de humedad	Porcentaje de germinación	Altura plántulas 12 dds	Altura plántulas 16 dds
Cariaco Jusepín (2003) **	9,88 a *	73,00 bc	17,04 cd	22,03 cd
Cariaco Jusepín (2000)	9,88 a	87,00 ab	15,21 d	20,87 d
Maíz Merideño (2002)	9,77 ab	89,00 ab	17,96 bcd	22,89 bcd
Maíz Merideño (2003)	9,73 ab	92,00 ab	20,89 ab	25,24 ab
Cariaco San Antonio (2002)	9,66 b	60,00 c	16,05 cd	21,85 cd
Pioneer 3031 (2003)	8,55 c	95,00 ab	19,32 abc	24,22 abc
Pioneer 3018 (2002)	8,39 c	100,00 a	21,04 ab	25,60 ab
Sefloarca 91 (2003)	7,79 d	91,00 ab	21,96 a	26,62 a
Himeca 95 (2003)	7,56 e	93,00 ab	15,95 cd	19,89 d

* Prueba de ámbitos múltiples de Duncan. Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales ($p \leq 0,05$).

** Entre paréntesis el año de producción y adquisición de las semillas.

de hojas/altura de plántulas a los ocho dds y relación del peso seco del vástago/peso seco de la raíz a los ocho dds (datos no mostrados). El promedio general fue de 0,16 hojas/cm y 0,17 granos/g, respectivamente.

Ensayo de invernadero

Porcentaje (%) de germinación a los cuatro, ocho, 12 y 16 dds

El análisis de varianza sólo encontró diferencias significativas para el porcentaje de germinación a los 16 dds (datos no mostrados). Los promedios para la germinación a los cuatro, ocho y 12 dds fueron 61,22; 88,00 y 88,00 % respectivamente.

La prueba de Duncan (Cuadro 1) mostró que las semillas de maíz del cultivar Pioneer 3018 (2002) presentaron el mayor promedio comportándose de manera similar a los cultivares Pioneer 3031 (2003), Himeca 95 (2003), Maíz

Merideño (2003), Sefloarca 91 (2003), Maíz Merideño (2002) y Cariaco Jusepín (2000), pero superiores a los cultivares Cariaco Jusepín (2003) y Cariaco San Antonio (2002) quienes obtuvieron los menores promedios.

No se encontraron diferencias significativas para número medio de días para total germinación e índice de la velocidad germinación (datos no mostrados). Los promedios fueron 4,4 y 20,34, respectivamente.

Los cultivares de maíz no presentaron diferencias significativas para la altura de plántulas a los ocho dds (análisis de varianza no mostrado). El promedio general fue 10,41 cm. El análisis de varianza indicó diferencias para la altura de las plántulas a los 12 y 16 dds.

La prueba de Duncan (Cuadro 1) mostró que las semillas de maíz del cultivar Sefloarca 91 (2003) produjeron las plántulas más altas a los 12 dds, comportándose de manera superior al resto de los cultivares pero similar a aquellas de Pioneer 3018 (2002), Maíz Merideño (2003)

y Pioneer 3031 (2003). Las plántulas de maíz del cultivar Sefloarca 91 (2003) se comportaron de manera superior al resto de los cultivares, pero similar a los cultivares Pioneer 3018 (2002), Maíz Merideño 2003 y Pioneer 3031 (2003) para la altura a los 16 dds (Cuadro 1). Estos cultivares, a excepción de Cariaco Jusepín 2000 e Himeca 95 (2003), se comportaron de manera similar tanto a los 12 dds como a los 16 dds.

Número de hojas de las plántulas a los ocho, 12 y 16 dds

Se encontraron diferencias significativas entre cultivares en todas las épocas de evaluación del número de hojas (datos no mostrados). La prueba de ámbitos múltiples de Duncan (Cuadro 2) indica que el mayor número de hojas a los ocho dds lo presentó el cultivar Maíz Merideño

(2003), comportándose estadísticamente similar a los cultivares Maíz Merideño (2002), Sefloarca 91 (2003), Pioneer 3031 (2003) y Pioneer 3018 (2003) pero superior al resto de los cultivares. La prueba de ámbitos múltiples de Duncan (Cuadro 2) indica que el mayor número de hojas a los 16 dds lo presentó el cultivar Maíz Merideño (2003), comportándose estadísticamente similar a los cultivares Pioneer 3018 (2002), Sefloarca 91 (2003), Pioneer 3031 (2003) y Maíz Merideño (2002) y superior al resto de los cultivares. Mientras que el menor número de hojas lo presentó el cultivar Himeca 95 (2003).

La prueba de ámbitos múltiples de Duncan (Cuadro 2) indica que el mayor número de hojas a los 16 dds lo presentó el cultivar Maíz Merideño (2003), comportándose estadísticamente similar a los cultivares Pioneer 3031 (2003), Sefloarca 91 (2003), Maíz Merideño (2002) y Pioneer

Cuadro 2. Promedio para el número de hojas a los ocho, 12 y 16 días después de la siembra (dds) bajo condiciones de invernadero de nueve lotes de semillas de diferentes cultivares de maíz (*Zea mays* L.). Centro de Postgrado, Juanico, Maturín, Venezuela. 2003.

Cultivar (Lote de semilla)	Número de hojas a los 8 dds	Número de hojas a los 12 dds	Número de hojas a los 16 dds
Cariaco Jusepín (2003)**	2,69* e	3,42 bc	3,87 b
Cariaco Jusepín (2000)	2,80 cde	3,28 bc	3,63 c
Maíz Merideño (2002)	3,16 a	3,713 a	3,99 ab
Maíz Merideño (2003)	3,33 a	3,93 a	4,12 a
Cariaco San Antonio (2002)	2,73 de	3,49 b	3,86 b
Pioneer 3031 (2003)	3,10 abc	3,88 a	4,06 ab
Pioneer 3018 (2002)	3,05 abcd	3,91 a	3,96 ab
Sefloarca 91 (2003)	3,14 ab	3,90 a	4,02 ab
Himeca 95 (2003)	2,82 bcde	3,26 c	3,65 c

* Prueba de ámbitos múltiples de Duncan. Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales ($p \leq 0,05$).

** Entre paréntesis el año de producción y adquisición de las semillas.

3018 (2002) superiores al resto de los cultivares. Mientras, que el menor número de hojas lo presentó el cultivar Himeca 95 (2003). Es de hacer notar que los cultivares que se comportaron estadísticamente superiores a los ocho, 12 y 16 dds son los mismos.

Diámetro del tallo (mm), peso seco del vástago y de la radícula (g) y volumen radicular (cm³) a los 16 dds

El análisis de varianza indicó diferencias significativas para el diámetro del tallo y el peso seco del vástago, no así para el peso de la radícula y el volumen radicular (datos no mostrados). Los promedios generales de los dos últimos fueron 4,53 g y 41,89 cm³. La prueba de ámbitos múltiples de Duncan (Cuadro 3) indica que el mayor diámetro del tallo lo presentó Pioneer 3018 (2002), estadísticamente superior al resto de los cultivares pero similar a Pioneer 3031 (2003). Mientras que el cultivar con menor

grosor del tallo fue Cariaco Jusepín (2000), con un comportamiento similar a Cariacos (Jusepín (2003) y San Antonio (2002)).

La prueba de ámbitos múltiples de Duncan (Cuadro 3) indica que el cultivar que obtuvo los vástagos más pesados fue Pioneer 3018 (2002), comportándose estadísticamente superior al resto de los cultivares pero similar a Sefloarca 91 (2003) y Pioneer 3031 (2003). Mientras que el cultivar con menor peso seco del vástago fue Cariaco Jusepín (2000), con un comportamiento similar a los otros Cariacos (Jusepín 2003 y San Antonio 2002).

Relación número de hojas/altura de plántulas y relación peso seco del vástago/peso seco de radícula

Sólo se encontró diferencia significativa para la relación peso seco del vástago/peso seco de la radícula (datos no mostrados). El promedio general para la relación del número de hojas/altura

Cuadro 3. Promedio para el diámetro del tallo, peso seco del vástago (g) y relación peso seco del vástago (PSV)/peso seco de radícula (PSR) a los 16 días después de la siembra bajo condiciones de invernadero de nueve lotes de semillas de diferentes cultivares de maíz (*Zea mays* L.). Centro de Postgrado, Juanico, Maturín, Venezuela. 2003.

Cultivar (lote de semilla)	Diámetro del tallo (mm)	Peso seco del vástago (g)	Relación PSV/PSR
Cariaco Jusepín (2003) **	2,39 e*	1,90 e	0,54 c
Cariaco Jusepín (2000)	2,80 cde	3,28 bc	3,63 c
Maíz Merideño (2002)	3,16 a	3,713 a	3,99 ab
Maíz Merideño (2003)	3,33 a	3,93 a	4,12 a
Cariaco San Antonio (2002)	2,73 de	3,49 b	3,86 b
Pioneer 3031 (2003)	3,10 abc	3,88 a	4,06 ab
Pioneer 3018 (2002)	3,05 abcd	3,91 a	3,96 ab
Sefloarca 91 (2003)	3,14 ab	3,90 a	4,02 ab
Himeca 95 (2003)	2,82 bcde	3,26 c	3,65 c

* Prueba de ámbitos múltiples de Duncan. Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales ($p \leq 0,05$).

** Entre paréntesis el año de producción y adquisición de las semillas

de plantas fue de 0,17 hojas/cm. La prueba de ámbitos múltiples de Duncan (Cuadro 3) indicó que el cultivar que obtuvo mayor valor en la relación fue Pioneer 3018 (2002), comportándose estadísticamente superior al resto de los cultivares pero similar a Sefloarca 91 (2003).

Ensayo de campo

Variables medidas para la germinación

El análisis de varianza no indicó diferencias significativas para ninguna de las variables de la germinación evaluadas a nivel de campo (datos no mostrados). Los valores promedios fueron: Porcentaje (%) de germinación a los cuatro, ocho, 12 y 16 dds en el campo: 76,67; 93,78; 93,78 y 93,78 %, respectivamente. El número medio de días a total germinación promedio fue de 4,17 días y para el índice de la velocidad de germinación fue 22,43.

Variables del crecimiento de las plántulas

El análisis de varianza no indicó diferencias significativas para ninguno de las variables de las plántulas evaluadas a nivel de campo (datos no mostrados). Los valores promedios para la altura de plántulas a los ocho, 12 y 16 dds fueron de 12,24; 21,11 y 25,86 cm, mientras que para el número de hojas/plántula en las mismas épocas de evaluación fueron de 3,64; 4,69 y 5,28, respectivamente. El promedio del tallo de las plántulas fue 4,29 mm. El peso seco del vástago y de la radícula presentaron promedios de 7,22 y 2,99 g, y el volumen radicular promedio fue 16,25 cm³. La relación número de hojas/altura de plántulas y peso seco del vástago/peso seco de la radícula presentaron promedios de 0,21 y 2,47, respectivamente.

Análisis de agrupamiento

El análisis de agrupamiento por el método de Ward formó claramente tres grupos, el primero

constituido por Maíz Merideño (2003) y Pioneer 3018 (2002), un segundo grupo formado por Maíz Merideño (2002), Sefloarca 91 (2003) y Pioneer 3031 (2003) y el tercer grupo estuvo constituido por el resto de los lotes de semillas: Maíz Cariaco Jusepín (2000), Maíz Cariaco San Antonio (2002), Maíz Cariaco Jusepín (2003) e Himeca 95 (2003) (Figura 1).

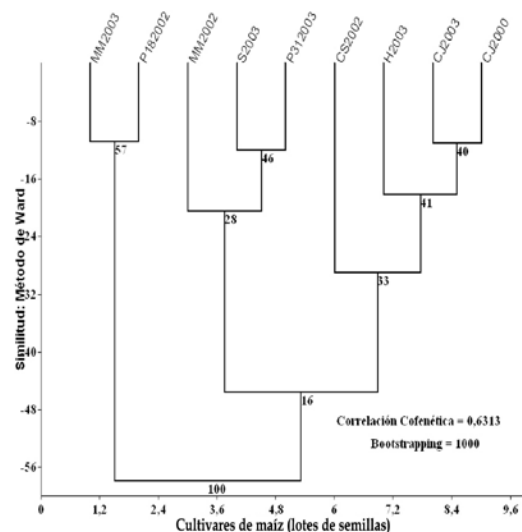


Figura 1. Dendrograma de los nueve lotes de semillas de diferentes cultivares de maíz (*Zea mays* L.) cultivados bajo condiciones de laboratorio, invernadero y campo. Laboratorio de Producción de Semillas y en el Invernadero del Centro de Postgrado, Juanico, Maturín, 2003 y campo experimental de la Escuela de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Maturín, Venezuela. 2003.

DISCUSIÓN

El porcentaje de humedad de los cultivares de maíz no comerciales (las variedades locales) Cariaco y Merideño, presentaron los mayores porcentajes de humedad en comparación con los cultivares comerciales. Los resultados del contenido de humedad de la semilla en este trabajo mostraron variación entre los diferentes

cultivares, similar a lo expuesto por Ríos (1996), quien trabajó con cultivares de frijol e indicó que los altos contenidos de humedad de la semilla variaron considerablemente entre un cultivar y otro, lo que puede tener influencia en el deterioro de las semillas cuando se someten a largos periodos de almacenamiento. Resultados similares fueron encontrados por Viloría (2005), quien trabajó con varios cultivares utilizados en este ensayo, adicionalmente el orden obtenido en éste también fue similar al reportado por Viloría, aunque en este trabajo la humedad de la semilla fue menor. Viloría (2005) atribuyó esta diferencia a las técnicas de secado de las semillas certificadas de uso comercial, más eficientes que las utilizadas por los productores artesanales. Otra causa de esta posible diferencia se debe a que los productores de semillas certificadas cosechan en forma mecánica, con el término denominado humedad a cosecha para así, no dañar la semilla con la cosechadora y/o daños por hongos e insectos debido a la alta humedad.

En general no hubo una relación entre el tiempo de producción y adquisición de la semilla y el porcentaje de humedad de la misma, ya que el cultivar Cariaco cosechado en el año 2000 fue uno de los que tuvo mayor porcentaje de humedad, superando al cultivar Cariaco cosechado en el 2002.

En relación a las evaluaciones realizadas en el laboratorio no hubo diferencia entre los nueve cultivares de maíz evaluados, los cuales cumplieron con el requisito de germinación de semillas certificadas, el cual es $> 88\%$ (FONAIAP 1989) y ellos en promedio tuvieron una germinación de $96,22\%$. Tampoco se encontraron diferencias para el peso seco del vástago y de la radícula ni para el resto de las variables del crecimiento (número de hojas, longitud y diámetro del tallo). Resultados similares en relación a la germinación pero contrastantes para los parámetros de crecimiento fueron reportados por Viloría (2005) al evaluar 12 cultivares de maíz bajo condiciones de laboratorio.

El similar porcentaje de germinación entre cultivares en condiciones de laboratorio en este

ensayo, sugiere que los cultivares adquiridos en los años 2000 y 2002 no redujeron su viabilidad. La prueba de germinación estándar se realiza para evaluar la germinación de semillas bajo condiciones óptimas de humedad, temperatura, oxígeno y luz.

En relación a las pruebas efectuadas en el invernadero no se encontraron diferencias significativas para la germinación a los cuatro, ocho y 12 dds, pero sí para los 16 dds. Esto revela la importancia de evaluar la germinación más allá del tiempo indicado por el ISTA (1993a,b), el cual es de siete días para el caso de maíz. Al evaluar la germinación hasta los 16 dds se pudo detectar que el cultivar Pioneer 3018 tuvo una mayor germinación (100%) que Cariaco, que fue adquirido en los años 2002 y 2003. Por otra parte, la germinación en el laboratorio ($96,22\%$) fue superior a la obtenida en el invernadero ($88,00\%$) e indica que la germinación en papel absorbente utilizado en el laboratorio provee mejores condiciones para la germinación de las semillas que aquellas dadas por la arena en el invernadero.

En general las semillas provenientes de cultivares comerciales (semillas certificadas) tuvieron una mayor germinación que aquellas de las variedades locales (semillas no certificadas producidas de forma artesanal) resultado ligeramente diferentes a los obtenidos por Viloría (2005), aunque los dos cultivares con mayor germinación en este ensayo ocuparon los puestos 1 y 3 en el ensayo de Viloría.

La tasa de germinación fue similar en los nueve cultivares evaluados pero hubo diferencias a los 16 dds. Al comparar los resultados para la tasa de germinación con aquellos obtenidos por Viloría (2005) se observa que los valores fueron menores en este ensayo.

Los cultivares comerciales presentaron una mayor altura de las plántulas que aquellos no comerciales, sugiriendo un mayor vigor de la semilla en los primeros y ratificando la importancia del uso de semillas certificadas en la agricultura moderna. En relación al número de hojas no hubo una tendencia definida en cuanto a la supremacía de los cultivares comerciales sobre los no comerciales. Al comparar el número

de hojas a los 16 dds entre este ensayo y el de Viloría (2005) se observa que los cultivares presentan un orden muy similar, Merideño 2003 fue el de mayor producción de hojas seguido por Pioneer 3031 (2003) en ambos ensayos y con respecto al menor número de hojas, fue Cariaco Jusepín (2000). Esto confirma la importancia del componente genético para el número de hojas producidas por plantas. El espacio y/o tiempo donde se evalúen los cultivares de maíz no afectó la cantidad de hojas producidas.

En relación a la cantidad de biomasa producida, generalmente los cultivares comerciales produjeron mayor cantidad que los cultivares no comerciales, resultados similares reporta Viloría (2005).

Los nueve cultivares evaluados se comportaron de manera similar para el sistema radicular, es decir, no difirieron en el peso seco de la radícula y el volumen radicular. Contrario a los resultados reportados por Viloría (2005) quien indicó diferencias significativas para ambas características en los 12 cultivares de maíz evaluados. Pero en este ensayo se encontraron mayores valores para las características anteriores en comparación con los obtenidos por Viloría.

En relación a los resultados obtenidos a nivel de campo, los cultivares de maíz tuvieron una germinación similar (93,78 %) valor superior al límite mínimo requerido por las Normas Para la Certificación de Semillas en Venezuela (> 88 %) siendo este porcentaje superior al obtenido por Viloría (2005) en la misma Estación Experimental. En relación a las variables del crecimiento, éstos fueron similares para los nueve cultivares evaluados en el campo. Viloría (2005), encontró resultados similares evaluando 12 cultivares de maíz en la Estación Experimental de Jusepín, pero indicó diferencias significativas para la mayoría de las variables de crecimiento, cuando fueron evaluadas en la Estación Experimental de los Guaritos.

Al estudiar el análisis de agrupamiento contemplando todas las variables evaluadas bajo las tres condiciones (laboratorio, invernadero y campo) se observó que en los tres grupos formados contenían al menos un cultivar producido a partir

de semilla certificada y un cultivar producido pro el sistema artesanal. Es de particular interés que en el grupo tres formado por cuatro lotes de semillas, tres de ellos pertenecían al mismo cultivar (Cariaco) lo que sugiere que las semillas tuvieron una similar calidad a pesar de haber sido producidas en diferentes años.

CONCLUSIONES

Cuando se evaluaron los cultivares en el laboratorio la germinación fue superior al 90 % en todos los materiales, lo que indica que cumplen con la norma de SENASEM para la prueba de porcentaje de germinación de semilla certificada de maíz (> 88 %), iguales resultados se obtuvieron para la emergencia en el campo a los 16 dds, pero en la prueba de germinación en el invernadero solo cinco de los nueve cultivares tuvieron una germinación superior al 90 % a los 16 días de ser evaluadas. Esto indica que la evaluación de la germinación en el laboratorio usando papel absorbente fue más confiable como evaluador de la calidad fisiológica de la semilla que la prueba de germinación en cajas de arena en el invernadero.

LITERATURA CITADA

- Alizaga, R. 1990. Alteraciones fisiológicas y bioquímicas en semillas de tres cultivares de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de alto y bajo vigor inducido. *Agronomía Costarricense* 14 (2):162-167.
- Cisneros-López, ME; Mendoza-Onofre, LE; Mora-Aguilera, G; Córdova-Téllez, L; Livera-Muñoz, M. 2007. Híbridos y progenitores de sorgo tolerantes al frío. I: Calidad de la semilla y su influencia en el establecimiento de plántulas. *Agrociencia* 41:45-55.
- FEDEAGRO (Confederación Nacional de Asociaciones de Productores Agropecuarios). 2006. Estadísticas Agrícolas. Consultado: 04 mayo 2006. Disponible en: <http://www.fedeagro.org/producción/default.asp>.

- FONAIAP (Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 1989. Normas para la Certificación de Semillas: I. Cereales (arroz, maíz, sorgo). VII (32):2-5.
- Gomez, KA; Gomez, AA. 1984. Statistical procedures, for agricultural research. 2 ed. Wiley. & Sons. New York, USA. 680 p.
- Hammer, O; Harper, DAT; Ryan, PD. 2001. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontología electrónica vol. 4, issue 1, art. 4: 9 p 178kb. Consultado: 29 junio 2006. Disponible en: http://www.palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Harman, G. 1983. Mechanisms of seed infection and pathogenesis. *Phytopathology* 73 (2):326-329.
- Hartman, H; Kester, D. 1975. Propagación de plantas, Compañía Editorial Continental. México. 639 p.
- ISTA (International Seed Testing Association). 1993a. International rules for seed testing. Rules 1993. *Seed Science and Technology* 21, Supplement. 75 p.
- ISTA (International Seed Testing Association). 1993b. International rules for seed testing. Annexes 1993. *Seed Science and Technology* 21, Supplement. 288 p.
- Martins, L; Rodrigues Da Silva, W. 2005. Interpretação de dados obtidos em testes de vigor para a comparação qualitativa entre lotes de sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes* 27 (1):19-30.
- Oropeza, F. 1979. Maduración y deterioro en el campo de la semilla de fríjol (*Vigna unguiculata* (L) Walp). *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 5 (3):537-558.
- Rios, W. 1996. Relación entre pruebas de germinación y vigor en laboratorio con la emergencia de plántulas en el campo de 16 líneas de fríjol (*Vigna unguiculata* (L) Walp) y una de fríjol chino (*Vigna radiata* L). trabajo de grado para Ingeniero Agrónomo. Escuela de Ingeniería Agronómica, Universidad de Oriente, Maturín, Venezuela. 170 p.
- Vaz de Mello, R. 1980. Pérdida de calidad de las semillas almacenadas. *Agricultura de las Américas* 29 (5):46-63.
- Viloria, H. 2005. Relación entre pruebas de calidad de semillas en el laboratorio e invernadero y la emergencia en el campo en maíz (*Zea mays* L). con especial referencia a las pruebas de conductividad eléctrica y pH. Tesis de Grado Magíster Scientiarum en Agricultura Tropical, Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, Venezuela. 255 p.