

## VARIEDADES CRIOLLAS DE MAÍZ AZUL RAZA CHALQUEÑO. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y CALIDAD DE SEMILLA

### MAIZE LANDRACES OF CHALQUEÑO RACE BLUE KERNEL. AGRONOMIC TRAITS AND SEED QUALITY

Manuel Antonio Miguel<sup>1</sup>, José Luis Arellano Vázquez<sup>2\*</sup>, Gabino García de los Santos<sup>1</sup>, Salvador Miranda Colín<sup>1</sup>, J. Apolinar Mejía Contreras<sup>1</sup> y Félix V. González Cossío<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco. C.P. 56230 Montecillo, Edo. de México. Tel: 01 (595) 952-0200 Ext. 1500. Fax: 01 (595) 952-0262. <sup>2</sup> Programa de Mejoramiento Genético de Maíz Pigmentado. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Apdo. Postal 10. C.P. 56230 Chapingo, Edo. de México. Tel: 01 (595) 954-2877, Fax: 01 (595) 954-2568. Correo electrónico: arevajolu@yahoo.com.mx <sup>3</sup> Instituto de Socioeconomía, Estadística e Informática, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco. C.P. 56230 Montecillo, Edo. de México.

\* Autor responsable

#### RESUMEN

Para conocer las diferencias entre caracteres agronómicos, rendimiento de grano y calidad de semilla, se realizó una evaluación de 24 variedades de maíz (*Zea mays* L.) criollo de color azul raza Chalqueño, que se sembraron durante el ciclo de primavera verano del año 2000 en las localidades de Santa Lucía Coatlinchán y Montecillo, del Estado de México. Los experimentos se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. En laboratorio e invernadero se hicieron pruebas de vigor y germinación estándar para evaluar la calidad de la semilla producida. Los caracteres agronómicos medidos fueron: días a floración femenina, intervalo entre floración masculina y femenina, altura de planta, acame, mazorcas podridas, mazorcas por planta y rendimiento. Los caracteres sobre calidad, vigor de germinación y emergencia de semilla fueron: peso de 100 semillas, germinación de plántulas normales a los 4 d, porcentaje de germinación total a los 7 d y plántulas emergidas a los 6 d. Se detectaron diferencias altamente significativas entre localidades para días a floración femenina y mazorcas podridas; entre variedades, para días a floración femenina, intervalo de floración, mazorcas podridas, mazorcas por planta y rendimiento. Las variedades de mayor rendimiento fueron la 13 (Pahuacán Ayapango, Méx.) y 22 (Cocotitlán, Méx.) con 5.1 y 5.4 t ha<sup>-1</sup>; el híbrido H-139 rindió 6.5 t ha<sup>-1</sup>. En vigor de semilla las variedades 11 y 15 presentaron mayor porcentaje de germinación de plántulas normales a los 4 d con 93 y 92 %. En vigor de emergencia el H-139 fue la mejor variedad con 21.6 % de plántulas emergidas a los 6 d.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., grano azul, rendimiento, acame, germinación, emergencia.

#### SUMMARY

The differences in agronomic characteristics, grain yield and seed quality were evaluated in 24 landrace varieties of Chalqueño race blue maize (*Zea mays* L.), established during the Spring –Summer cycle of 2000, in Santa Lucía Coatlinchán and Montecillo, State of México. The experiments were conducted on an randomized block design with four replications. Tests to evaluate seed germination and vigor were conducted under laboratory and greenhouse conditions.

Agronomic characters included days to tasseling and silking, interval between tasseling and silking, plant height, lodging, rotten ears, ears per plant and grain yield. The characters related to germination and seed vigor were 100 seeds weight, total percentage of germination at 7 d and seedling emergence after 6 d. Significant differences between experimental sites were found for days to silking and rotten ears. Among genotypes there were significant differences for silking interval between tasseling and silking, rotten ears, ears per plant and grain yield. Highest grain yields were produced by varieties 13 (Pahuacán Ayapango, Méx.) and 22 (Cocotitlán, Méx.) with 5.1 and 5.4 t ha<sup>-1</sup>, respectively, whereas the hybrid H-139 produced 6.5 t ha<sup>-1</sup>. Regarding seed quality, varieties 11 and 15 resulted with the highest percentages of seedling germination after 4 d with 93 and 92 %, whereas for seed vigor H-139 had the best performance with 21.6 % of emerged seedlings after 6 d.

**Index words:** *Zea mays* L., blue kernel, lodging, germination, emergence.

#### INTRODUCCIÓN

##### Regiones de cultivo, sistemas de producción y aprovechamiento

En los valles altos centrales de México se cultivan alrededor de un millón 500 mil hectáreas de maíz (*Zea mays* L.), de las cuales 85 % se siembran en temporal o secano. Aproximadamente un tercio de los productores de maíz en temporal siembran al menos un tercio de su parcela con maíz azul u otro color, lo que equivale a una superficie de 150 mil hectáreas, en las que se cosechan unas 300 mil toneladas de grano de color.

La principales áreas de cultivo de maíz azul en la Mesa Central se localizan en los estados de Puebla, Tlaxcala, México e Hidalgo, y con la tecnología y variedades de que

disponen los productores se obtienen rendimientos de 2 a 3.5 t ha<sup>-1</sup>. Estos maíces presentan problemas de acame de raíz, en magnitudes que fluctúan entre 25 y 30 % de las plantas. Aún no se cuenta con un paquete tecnológico para mejorar el manejo agronómico del maíz azul, que considere variedades mejoradas, fechas de siembra, densidad de población, fórmulas de fertilización química y orgánica, y control de maleza y plagas. Tampoco se cuenta con suficiente información acerca de las propiedades alimenticias y nutritivas de los maíces de color, ni de los valores culturales y tradicionales que los agricultores les asignan para seguirlos conservando.

### Usos tradicionales

Desde épocas remotas el agricultor ha seleccionado los tipos de maíz de acuerdo con sus preferencias y necesidades alimentarias, y con las características ambientales de su área de cultivo; de este modo, al maíz azul lo relaciona con la precocidad y lo utiliza para la elaboración de atole, tortillas y 'tesgüino' (bebida alcohólica obtenida a través de fermentación del grano, de elaboración casera) (Hernández, 1981).

Para preparar comida, harina y otros productos, se machaca el maíz azul con un molino. Los granos enteros esencialmente se utilizan para elaborar diversos alimentos, mientras que la harina se mezcla con agua hirviendo para formar una goma fina, que se separa en una plancha caliente para hacer tortillas (Hallauer, 2001).

El atole de maíz azul se hace de masa cocida, y en algunos casos se realiza con harina de grano seco. Los Aztecas y Mayas agregaron otros ingredientes para mejorar el sabor, el gusto y la textura del producto; cada atole tenía un nombre, según sus ingredientes. El pinole es una mezcla de maíz azul tostado y molido con canela, azúcar, miel y otros ingredientes; se consume directamente o se mezcla con agua o leche para ser bebido; para pinole también se usan granos blancos y amarillos (Dickerson, 1990).

### Causas de la coloración en el maíz azul

En el grano de maíz azul, la capa de aleurona contiene los pigmentos de antocianina azul que le dan el color (Be-trán *et al.*, 2001). Tales antocianinas se derivan de la cianidina y pelargonidina (Harborne y Gavazzi, 1969); una de las principales antocianinas en el maíz azul de Bolivia es la cianidina 3-glucósido (Nakatani *et al.*, 1978).

### Industrialización del maíz azul

El grano azul con endospermo harinoso posee mayor valor alimenticio que el grano amarillo, pues el contenido de lisina en el maíz azul es de 2.3 mg g<sup>-1</sup> contra 1.4 mg g<sup>-1</sup> registrado en maíz híbrido amarillo; el contenido de proteína y minerales en el maíz azul también es más alto que el de otras variedades. Además, el maíz azul contiene flavonoides, que actualmente se utilizan como fuente de antioxidantes (Dickerson, 1990). No obstante, las características más destacadas del maíz azul son el atractivo color del grano y su sabor diferente.

Pocos estudios se han realizado con maíces de color azul para conocer sus caracteres agronómicos y la calidad de su semilla, por lo que en este estudio se determinaron los caracteres agronómicos, rendimiento de grano y calidad de semilla en variedades criollas de maíz azul de la raza Chalqueño, nativa de la Mesa Central de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material genético

Consistió de 24 variedades criollas de maíz azul de la raza Chalqueño, originarias de los Estados de México, Puebla e Hidalgo, y la variedad H-139 como testigo, cuyas características se describen en el Cuadro 1. Tales materiales genéticos fueron proporcionados por el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz Azul del Campo Experimental Valle de México, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

### Localidades

Los materiales genéticos se sembraron en el Campo Experimental Santa Lucía del INIFAP, en Coatlinchán, Estado de México, y en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, ubicado en Montecillo, Estado de México. Coatlinchán se localiza a una altitud de 2240 m; su clima es templado frío con lluvias en verano. Montecillo se ubica a 2250 msnm; su temperatura media anual es de 15.2° C y su precipitación anual de 636.5 mm (García, 1988). De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988), el clima de la región es C (wo) (W) b (i') g, que equivale a templado subhúmedo con lluvias en verano y al subtipo más seco de los C (w). Ambas localidades se ubican a 19° 29' LN y 98° 53' LW.

Cuadro 1. Origen, textura del grano y altitud del sitio de colecta de las variedades criollas de maíz azul raza Chalqueño.

No.	Clave	Origen	Textura	Altitud (msnm)
1	CA99-IMEX	San Pedro Nexapa, Méx.	Harinosa	2 700
2	CA99-2MEX	San Pedro Nexapa, Méx.	Harinosa	2 700
3	CA99-3PUE	Ahuatpec del Camino, Pue.	Harinosa	2 600
4	CA99-4MEX	Mihuacan Ayapango, Méx.	Semiharinosa	2 500
5	CA99-5 MEX	Sta. Isabel Chalma, Méx.	Semiharinosa	2 400
6	CA99-6 MEX	Sta. Isabel Chalma, Méx.	Harinosa	2 400
7	CA99-7 MEX	Pahuacán Ayapango, Méx.	Harinosa	2 500
8	CA99-8 MEX	Sta. Isabel Chalma, Méx.	Harinosa	2 400
9	CA99-9 MEX	Sta. Isabel Chalma, Méx.	Harinosa	2 400
10	CA00-10 MEX	Sta. María Totoltepec, Toluca, Méx.	Harinosa	2 600
11	CA99-11 MEX	San Mateo Cuijingo, Méx.	Harinosa	2 450
12	CA99-12 MEX	San Mateo Cuijingo, Méx.	Harinosa	2 450
13	CA00-13 MEX	Pahuacán Ayapango, Méx.	Semiharinosa	2 500
14	CA99-14 HGO	Acaxochitlán, Hgo.	Harinosa	2 400
15	CA99-15 MEX	Juchitepec, Méx.	Harinosa	2 350
16	CA99-16 MEX	Metepec, Méx.	Harinosa	2 600
17	CA99-17 PUE	S. Martín Ojo de Agua, Pue.	Harinosa	2 800
18	CA99-18 MEX	S. Lorenzo Metepec, Méx.	Harinosa	2 600
19	CA99-19 MEX	Metepec, Méx.	Harinosa	2 600
20	CA99-20 MEX	S. Juan Tehuistitlán, Méx.	Harinosa	2 500
21	CA99-21 MEX	Pahuacán Ayapango, Méx.	Harinosa	2 500
22	CA00-1 MEX	Cocotitlán, Méx.	Harinosa	2 350
23	CA00-2 MEX	Cocotitlán, Méx.	Harinosa	2 350
24	CA00-3 MEX	Zoyatzingo, Méx.	Harinosa	2 450
25	H- 139	Híbrido de grano blanco	Dentado	2 240

### Fecha de siembra y manejo agronómico

En Coatlínchán se sembró el 25 de abril y en Montecillo el 16 de mayo del 2000. En ambos sitios la densidad de población fue de 50 000 plantas/ha, y se fertilizó con 120N-60P-30K kg ha<sup>-1</sup>, cuya primera aplicación se hizo con 60N-60P-30K al momento de la siembra, y la segunda con 60N-00P-00K, 30 d después. El primer riego se aplicó 1 d después de la siembra y posteriormente se dieron cinco riegos durante el ciclo de cultivo.

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de la parcela fue de cuatro surcos de 6 m de largo, con una distancia de 0.80 m entre surcos y 0.60 m entre matas; cada surco tenía 11 matas de dos plantas y la profundidad de siembra fue de 10 a 11 cm.

### Variables agronómicas

Se registraron las siguientes variables: días a floración masculina (DFM), transcurridos desde la siembra hasta que 50 % de las plantas de cada parcela se encontraran en antesis; días a floración femenina (DFF), desde la siembra hasta que los estigmas expuestos tenían 1 cm de longitud; intervalo entre floración masculina y femenina (IFMF), es

la diferencia DFF - DFM; altura de planta (AP), se midió en centímetros desde la superficie del suelo al pie de la planta hasta la lígula de la hoja bandera; altura de mazorca (AM), se midió en centímetros desde la superficie del suelo al pie de la planta hasta el nudo de inserción de la mazorca superior; acame (A), es el porcentaje de plantas con acame de raíz, para cuyo cálculo se consideraron únicamente plantas con una inclinación mayor de 30° con respecto a la vertical.

### Variables de mazorca y grano

Fueron las siguientes: mazorcas podridas (MP), por efecto de giberella (*Fusarium* y *Fusarium moniliforme*), determinada visualmente con la escala de clasificación de 1 a 5, donde 1 = 0 %, 2 = 10 %, 3 = 20 %, 4 = 30 % y 5 = 40 % de granos infectados (CIMMYT, 1995); mazorcas por planta (MPP), es el cociente del número de mazorcas cosechadas sobre el número total de plantas presentes por parcela; porcentaje de grano (PG), medido en una muestra de cinco mazorcas, es el peso de grano respecto al peso de mazorca, y se expresó en porcentaje, rendimiento de grano (RG), es el peso total de mazorca por parcela x el contenido de materia seca del grano ajustado al nivel de humedad comercial de 14 % x el porcentaje de grano x el factor de conversión de la superficie cosechada respecto a una hectárea, expresado en toneladas por hectárea.

### Variables sobre calidad y vigor de semilla

Peso de 100 semillas (P100S), se midió en gramos en cuatro repeticiones de 100 semillas en cada variedad con una balanza de precisión (ISTA, 1993); peso volumétrico (PV), en cuatro repeticiones de 100 semillas se midió el peso con una balanza de precisión y su volumen con una probeta graduada de 50 mL, y se expresó en kg L<sup>-1</sup>; porcentaje de germinación total (PGT), se midió en tres repeticiones de 100 semillas, que se germinaron en toallas de papel enrolladas, cada una con 25 semillas, en una cámara germinadora a 25 °C durante 7 d (ISTA, 1993); las plántulas obtenidas de la germinación se clasificaron en plántulas normales al primer conteo a los 4 d (GPN) y se expresaron en porcentaje, plántulas anormales a los 7 d (GPA), expresadas en porcentaje, y germinación total a los 7 d (PGT), expresada en porcentaje. Además se hicieron pruebas de emergencia de plántulas en suelo cubierto con un invernadero, en 100 semillas por repetición y cuatro repeticiones. Se sembraron cuatro surcos con 25 semillas cada uno de cada tratamiento. Se hicieron conteos de emergencia, la primera a los 6 d (PE6), la segunda a los 8 d (PE8) y la última a los 10 d (PE10).

### Análisis estadístico

Los datos de todas las variables se sometieron a análisis de varianza conforme a un diseño de bloques completos al azar y a la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan ( $\alpha \leq 0.05$ ).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron diferencias significativas entre localidades para intervalo de floración masculina y femenina, días a floración masculina y femenina, y en mazorcas podridas. Entre variedades se observaron diferencias significativas para mazorcas podridas, días a floración masculina y femenina, intervalo de floración, mazorcas por planta y rendimiento de grano. En la interacción localidades x variedades no hubo diferencias.

La localidad de Coatlinchán superó a la de Montecillo en las variables días a floración masculina y femenina y mazorcas podridas (Cuadro 2). En promedio de las dos localidades, las variedades 1, 2 y 6 fueron las más tardías a floración masculina, con 83, 83 y 84 d respectivamente, mientras que las variedades 10, 16, 17 y 18 fueron las más precoces con 76, 72, 75 y 76 d, respectivamente (Cuadro 3). Es notoria la amplia variación genética en el intervalo entre floración masculina y femenina que va 4.4 d en la variedad 10 hasta 8 d en las variedades 5 y 6, similar a la registrada por Arellano *et al.* (2003) con intervalos de 2.9 a 7.4 d a través de localidades con variedades de maíz azul de diferentes razas. El híbrido testigo H-139 presentó un intervalo de 6.5 d. Todas las variedades resultaron de porte alto con un nivel de acame de moderado (4 a 6 %) a intermedio (14 %). La proporción de mazorcas

por planta que varió de 0.5 a 0.7 en las variedades criollas, se considera bajo y significativamente inferior a la del testigo H-139 que tuvo 0.9 mazorcas por planta (Cuadro 3). La escasa proporción de plantas con mazorcas en los maíces azules podría deberse a falta de adaptación a los sitios de evaluación experimental (2250 msnm), ya que las variedades son originarias de localidades con altitudes que van de 2350 a 2700 msnm.

Las variedades que presentaron el mayor índice de mazorcas podridas fueron la 16 y 17 con 10.8 y 10.3 % respectivamente; las de menor pudrición fueron la 19 con 5.3 % y la 9 con 5.8 %. Todos los maíces azules fueron superados por el híbrido H-139 que tuvo menor cantidad de mazorcas podridas. Esto indica que las variedades de maíz azul son susceptibles a las pudriciones de mazorca, probablemente debido a la textura harinosa de su grano. Las variedades de maíz azul 13, 22 y 23 fueron las de mayor rendimiento de grano con 5.1, 5.4 y 4.9 t ha<sup>-1</sup>, sólo superadas por el testigo H-139 de grano blanco cuyo rendimiento fue de 6.5 t ha<sup>-1</sup>. La variedad criolla de menor rendimiento fue la 17 con 2.9 t ha<sup>-1</sup> (Cuadro 3), proveniente de Puebla, tal vez por su falta de adaptación a las dos localidades estudiadas en el estado de México.

### Caracteres de calidad de la semilla

Hubo diferencias significativas entre localidades para las variables peso volumétrico, germinación de plántulas normales y de germinación total. Entre variedades se registraron diferencias significativas para peso de 100 semillas, germinación de plántulas normales y germinación de plántulas anormales. Para la interacción localidades x variedades no se encontraron diferencias significativas.

Cuadro 2. Medias de los caracteres agronómicos de 24 variedades criollas de maíz azul raza Chalqueño en dos localidades del Valle de México. 2000.

Localidades	Caracteres agronómicos							
	DFM	DFF	IFMF	AP	A	MPP	MP	RG
	(d)	(d)	(d)	(cm)	(%)		(%)	(t ha <sup>-1</sup> )
Coatlinchán	82.3 a	88.3 a	6.1 b	181.0 a	7.0 a	0.52 a	8.1 a	3.8 a
Montecillo	77.2 b	83.7 b	6.7 a	178.0 a	7.2 a	0.67 a	6.5 b	4.2 a
Duncan (0.05)	1.4	1.4	0.4	2.4	1.4	0.03	0.97	0.2

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales.

DFM = Días a floración masculina; DFF = Días a floración femenina; IFMF = Intervalo entre floración masculina y femenina; AP = Altura de planta; A = Acame de planta; MPP = Mazorcas por planta; MP = Mazorcas podridas; RG = Rendimiento de grano.

Cuadro 3. Caracteres agronómicos de las variedades de maíz azul raza Chalqueño, en promedio de dos localidades. 2000 .

Var.	Caracteres agronómicos							
	DFM	DFF	IFMF	AP	A	MPP	MP	RG
	(d)	(d)	(d)	(cm)	(%)		(%)	(t ha <sup>-1</sup> )
1	83 a	91 a	7.8 ab	183	14	0.6 bc	6.5 ab	3.3 fg
2	83 a	89 ab	6.8 bc	180	8	0.5 ef	8.2 ab	3.2 gh
3	77 cd	82 f	4.9 ef	178	9	0.6 bc	6.8 bc	3.3 fg
4	81 ab	89 ab	7.0 bc	189	9	0.7 bc	6.2 bc	4.4 bc
5	78 bc	87 ab	8.0 a	172	8	0.5 de	7.5 ab	3.1 hi
6	84 a	89 ab	8.0 a	187	5	0.6 bc	9.5 ab	3.8 ef
7	80 ab	87 ab	7.3 bc	181	4	0.5 ef	7.0 ab	3.8 ef
8	83 a	90 ab	6.4 bc	177	8	0.5 de	8.2 ab	4.0 de
9	81 ab	89 ab	7.9 a	182	6	0.5 f	5.8 cd	3.6 ef
10	76 ef	80 gh	4.4 g	170	9	0.7 ab	8.6 ab	3.7 ef
11	82 ab	89 ab	7.3 bc	162	9	0.6 cd	8.5 ab	4.3 cd
12	80 ab	86 bc	5.9 bc	189	4	0.6 bc	6.7 bc	4.5 bc
13	79 ab	86 bc	6.5 bc	187	14	0.7 bc	7.0 bc	5.1 bc
14	77 cd	83 bc	5.8 cd	188	5	0.6 bc	7.5 bc	3.2 gh
15	82 ab	88 ab	7.0 bc	180	5	0.5 ef	8.5 ab	3.6 ef
16	72 f	78 h	4.6 fg	181	5	0.6 bc	10.8 a	3.8 ef
17	75 ef	81 g	5.0 ef	172	5	0.6 bc	10.3 a	2.9 i
18	76 de	82 f	5.4 de	181	6	0.7 bc	6.3 cd	4.1 cd
19	79 ab	85 bc	5.0 ef	180	7	0.7 bc	5.3 cd	3.3 fg
20	81 ab	88 ab	7.5 bc	184	7	0.6 bc	6.5 bc	3.6 ef
21	82 ab	89 ab	6.8 bc	183	4	0.5 f	6.0 cd	3.5 ef
22	80 ab	86 bc	5.8 cd	174	8	0.7 ab	6.5 ab	5.4 b
23	80 ab	86 bc	5.8 cd	175	5	0.6 cd	7.1 bc	4.9 bc
24	81 ab	89 ab	7.3 bc	185	6	0.5 f	6.8 bc	4.1 cd
25 (H-139)	80 ab	86 bc	6.5 bc	176	4	0.9 a	3.2 d	6.5 a
Duncan (0.05)	6.7	6.6	1.9	24.6	6.7	0.16	4.4	1.1

DFM = Días a floración masculina; DFF = Días a floración femenina; IFMF = Intervalo entre floración masculina y femenina; AP = Altura de planta; A = Acame de planta; MPP = Mazorcas por planta; MP = Mazorcas podridas; RG = Rendimiento de grano.

### Emergencia de plántula

En el peso de 100 semillas las variedades 13 y 24 fueron las de mayor valor con 45.0 y 46.3 g, y las de menor fueron la 10 y 16 con 40.1 y 38.5 g, respectivamente. En la germinación de plántulas normales a los 4 d, las variedades 11 y 15 presentaron los mayores valores con 93 y 92 %. En germinación de plántulas anormales las variedades 14 y 20 presentaron los mayores porcentajes con 15 y 14 %, pero en germinación total a los 7 d, que varió de 94 a 98 %, no hubo diferencias entre variedades (Cuadro 4). Es decir, las variedades sólo variaron en tasa de germinación, pero no en la germinación total, que fue alta en todas ellas.

Se registraron diferencias significativas entre variedades para plántulas emergidas a los 6 d; las variedades 8, 19, 21 y el testigo H-139 fueron las de mayor velocidad de emergencia con 17.6, 19.6, 16.4, y 21.6 %, respectivamente; las de menor vigor fueron la 18 y 23, con 12 %. A los 10 d las variedades 1, 11 y 20 presentaron la mayor emergencia total, con 98.0, 97.6 y 97.6 % (Cuadro 5). Según Moreno (1984), el genotipo es una de las causas de la mayor variabilidad en el vigor de las semillas.

Cuadro 4. Caracteres de calidad y vigor de semilla de variedades criollas de maíz azul raza Chalqueño, en promedio de dos localidades. 2000.

Variedades	P100S (g)	PV (g L <sup>-1</sup> )	GPN (%)	GPA (%)	PGT (%)
1	43.4 ab	0.638	81.7 j	12.3 cd	94
2	42.6 ab	0.620	83.0 I	10.5 ef	94
3	42.8 ab	0.610	86.3gh	9.6 fg	96
4	42.8 ab	0.589	85.3 hi	10.6 ef	96
5	41.8 ab	0.620	83.8 hi	11.1de	95
6	44.0 ab	0.625	84.3 hi	10.0 f	94
7	44.3 ab	0.622	91.7 bc	5.5 i	97
8	43.5 ab	0.595	83.0 I	3.8 c	96
9	44.0 ab	0.590	86.0 gh	10.1 f	96
10	40.1 ab	0.625	91.0 cd	6.3 h	97
11	42.9 ab	0.594	93.0 a	3.8 ij	96
12	43.3 ab	0.600	90.2 cd	7.5 g	97
13	45.0 a	0.587	87.7 ef	9.5 fg	97
14	41.5 ab	0.590	82.2 ij	15.0 a	97
15	43.5 ab	0.627	92.0 ab	3.0 j	95
16	38.5 bc	0.590	88.3 de	9.8 fg	98
17	40.8 ab	0.583	87.2 fg	9.8 fg	97
18	41.0 ab	0.612	87.0 fg	10.0 f	97
19	42.8 ab	0.571	86.3 gh	9.5 fg	96
20	42.8 ab	0.592	81.8 j	14.1 ab	96
21	43.5 ab	0.625	86.7 gh	11.1de	98
22	43.3 ab	0.621	89.7 cd	7.6 gh	97
23	42.6 ab	0.610	81.2 j	12.5 cd	94
24	46.3 a	0.625	90.5 cd	7.3 g	98
25 (H-139)	34.3 bc	0.613	91.7 bc	3.5 ij	95
Duncan (0.05)	6.3	0.07	5.3	3.7	5.7

Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente.

P100S = Peso de 100 semillas; PV = Peso volumétrico; GPN = Germinación de plántulas normales a los 4 d; GPA = Germinación de plántulas anormales a los 6 d; PGT = Porcentaje de germinación total a los 10 d.

Cuadro 5. Medias de plántulas emergidas de variedades criollas de maíz azul raza Chalqueño y su porcentaje obtenido en tres periodos.2000.

Var.	PE6	%	PE8	%	PE10	%
1	3.3 ab	13.2	14.3	57.2	24.6	98.0
2	4.3 ab	17.2	15.4	61.6	23.7	95.2
3	3.7 ab	15.2	14.8	59.2	24.0	96.0
4	4.1 ab	16.4	15.1	60.4	24.0	96.0
5	3.5 ab	14.0	16.4	65.6	24.2	97.2
6	4.4 ab	17.6	15.3	61.2	24.1	96.4
7	3.6 ab	14.4	16.0	64.0	24.2	97.2
8	4.7 ab	17.6	15.1	60.4	24.2	97.2
9	3.4 ab	13.6	13.6	54.4	24.1	96.4
10	3.5 ab	14.0	15.6	62.4	23.8	95.6
11	2.6 bc	10.4	14.9	59.6	23.3	97.6
12	4.1 ab	16.4	14.6	58.4	23.6	94.4
13	3.8 ab	15.2	15.9	63.6	24.1	96.4
14	3.3 ab	13.2	14.4	57.6	24.1	96.4
15	3.1 ab	12.4	13.8	55.2	24.2	97.2
16	3.9 ab	15.6	15.6	62.4	24.0	96.4
17	4.0 ab	16.0	13.9	55.6	24.0	96.0
18	3.0 bc	12.0	16.3	65.2	24.1	96.4
19	4.8 ab	19.6	15.4	61.6	23.8	95.6
20	3.9 ab	15.6	17.0	68.0	24.3	97.6
21	4.1 ab	16.4	14.0	56.0	24.1	97.2
22	2.3 c	9.2	14.8	59.2	23.8	95.6
23	3.0 bc	12.0	14.6	58.4	24.1	96.4
24	3.9 ab	15.6	16.0	64.0	24.1	96.4
25 (H-139)	5.3 a	21.6	17.4	69.6	24.5	98.0
Duncan (0.05)	2.2		4.6		2.8	

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales. PE6 = Plántulas emergidas a los 6 d; PE8 = Plántulas emergidas a los 8 d; PE10 = Plántulas emergidas a los 10 d.

## CONCLUSIONES

El rendimiento de grano de las variedades de maíz azul raza Chalqueño varió de 2.9 a 5.4 t ha<sup>-1</sup>, de manera que ninguna alcanzó al testigo H-139 que rindió 6.5 t ha<sup>-1</sup>; es decir, el híbrido rindió de 17 a 22 % más que las mejores variedades de maíz azul 22 (Cocotitlán) y 13 (Pahuacán), que rindieron 5.4 y 5.1 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Todas las variedades de maíz azul presentaron mejor peso de 100 semillas que la variedad testigo H-139; las variedades más sobresalientes fueron la 13 (Pahuacán) y 24 (Zoyatzingo) con 45.0 y 46.3 g, respectivamente.

Las variedades de maíz azul 11 (Cuijingo) y 15 (Juchitepec) presentaron el mayor vigor de germinación de plántulas normales a los 4 d con 93 y 92 %, respectivamente. En emergencia de plántulas no hubo diferencias entre variedades de maíz azul ni con el híbrido testigo H-139.

...

## BIBLIOGRAFÍA

- Arellano V J L, C Tut C, A María R, Y Salinas M, O R Taboada G. (2003) Maíz azul de los valles altos de México. I. Rendimiento de grano y caracteres agronómicos. Rev. Fitotec. Mex. 26:101-107.
- Betrán F J, A J Bockholt, L Rooney (2001) Blue corn. In: Specialty Corns. A R Hallauer (ed). Iowa State University. Ames Iowa, USA. pp:293-337.
- CIMMYT (1995) Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz del CIMMYT. México, D. F. 20 p.
- Dickerson G W (1990) Blue Corn Production and Marketing in New Mexico. Co-op Ext. Serv. Guide H-226. 294 p.
- García E (1988) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM, Méx. 217 p.
- Hallauer A R (2001) Specialty Corns. A R Hallauer (ed) Iowa State University. Ames Iowa, USA. S. Edition. 296 p.
- Harborne J B, G Gavazzi (1969) Effect of Pr and pr alleles on anthocyanins biosynthesis in *Zea mays*. Phytochemistry 8:999-1001.
- Hernández X E (1981) Maize and man in the Great Southwest. Econ. Bot. 39 (4):416-430.
- ISTA (International Seed Testing Association) (1993) International rules for seed testing. Seed Sci. Technol.. 21. Supplement. 228 p.
- Moreno M E (1984) Análisis Físicos y Biológico de Semillas Agrícolas. UNAM. México, D.F. 383 p.
- Nakatani N, H Fakuda, H Fuwa (1979) Major anthocyanins of Bolivian Purple Corn (*Zea mays* L). Agric. Biol. Chem. 43:389-391.