

EVALUACIÓN DE 20 ACCESIONES DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN CONDICIONES DE SEQUÍA Y DE RIEGOS SUPLEMENTARIOS, MUNICIPIO GIBARA, CUBA

Yovanis Ferraz Téllez¹, Nénsida Permy Abeleira¹, Orlando Chaveco Pérez¹

Unidad de Extensión, Investigación, Capacitación Agropecuaria de Holguín (UEICAH)

Email: directorueica@holquin.inf.cu, granos@holquin.inf.cu

RESUMEN

En Cuba, el maíz se siembra fundamentalmente en los meses de invierno, época que coincide con el nivel más bajo de precipitaciones en el año. Este factor, unido a la baja disponibilidad de materiales que se adapten a las condiciones de sequía, ha contribuido en los últimos años a la obtención de los bajos rendimientos de este cereal. Por tal motivo, se evaluó en condiciones de campo año 2007-2008, el comportamiento de 20 accesiones de maíz incluyendo un testigo local (cultivar Gibara) en condiciones de sequía y de riegos suplementarios, en finca de un pequeño productor de la localidad Las Caobas y en áreas del Departamento de Granos perteneciente a la Unidad de Extensión, Investigación y Capacitación Agropecuaria de Holguín, localidad de Velasco; ambas en el municipio Gibara. Para la identificación de las mejores accesiones en las dos condiciones evaluadas, se utilizaron índices de selección que involucran el rendimiento del grano tales como: el Índice de intensidad de sequía (IIS), Índice de susceptibilidad de sequía (ISSi) para cada accesión, Porcentaje de pérdida del rendimiento (PPR), la Media geométrica (MG) para el rendimiento de cada accesión y el Índice de eficiencia relativa para cada genotipo (IERi). Las accesiones de mejor comportamiento en ambas condiciones utilizando los índices de selección fueron: para la localidad de Las Caobas las accesiones 25, 26, 39, 44, 46, 106, incluyendo el testigo local, y las accesiones 26, 39, 43, 108 y el testigo Gibara para la localidad del Departamento de Granos.

Palabras claves: Maíz, sequía, índices de selección, evaluación de accesiones de maíz.

EVALUATION OF 20 MAIZE ACCESSIONS (*Zea mays* L.) UNDER DROUGHT CONDITIONS AND SUPPLEMENTARY IRRIGATION

ABSTRACT

In Cuba maize is mainly sown in winter months, the season in which rain fall reaches its lower levels every year. This factor, together with the low availability of materials adaptable to drought conditions, has contributed to obtain low yield of this cereal during the last few years. For that reason the behaviour of 20 accessions of maize, including the local witness (Gibara cultivar), were evaluated in drought and of supplementary irrigation at the farm of a small farmer at Las Caobas community and in the areas of the Grain Research Station belonging to the Agriculture and Animal farming Extension, Research and Training Unit in Holguin located in Velasco, both in Gibara municipality. To identify the most suitable accessions in the two above-mentioned conditions, selection indexes related to grain yield were used such as drought intensity index (DII), Drought Susceptibility Index (DSI), Yield Loss Percentage (YLP), and Geometrical Yield Average (GYA) and the Index of Relative Efficiency (IRE) for each genotype. The accessions with a better behaviour, in both conditions, making use of the selection index were: for Las Caobas Community the accessions 25, 26, 39, 39, 44, 46, 106, including the local witness; and the accessions 26, 39, 43, 108 and Gibara's local witness for the Grain Research Station.

Key Words: Maize, drought, selection indexes, evaluation of maize accessions.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*. L) es un cultivo que se ha aclimatado en diferentes regiones del mundo, constituyendo una de las principales fuentes de alimentación animal, humana y de materia prima industrial en muchos países.

En Cuba, el clima predominante es tropical cálido, con una estación lluviosa de mayo a octubre, con precipitaciones próximas al 80% del total anual (1 375mm).

En la provincia de Holguín la mayor parte de las siembras se realizan en los meses de invierno, época que coincide con el nivel más bajo de precipitaciones en el año, además, las producciones se encuentran en áreas de secano, la cual representa el 76,5% (MINAGRI, 2008). Esta, es una de las provincias que ha experimentado los mayores embates de la sequía, con una disminución consecutiva hasta alcanzar en el 2004 un 54% del promedio histórico (1 300 mm) en el año, crisis que puede convertirse en un fenómeno aún más peligroso para la agricultura en los venideros años, a causa de trastornos del clima.

Los mayores efectos de esta crisis se observan en los municipios de la costa norte, entre los cuales se encuentra el municipio Gibara, con más de 7 000 campesinos que han tenido que enfrentar los rigores climáticos y el decrecimiento de sus producciones agrícolas, esto, unido a la baja disponibilidad de materiales que se adapten a las condiciones de cada zona, ha contribuido en la obtención de bajos rendimientos del cultivo del maíz, promediando a 1,03 t.ha⁻¹ en los últimos 7 años (MINAGRI, 2008).

La selección de materiales tolerantes a la sequía ha sido durante años una meta para los fitomejoradores, los cuales han tenido que recurrir a métodos que implican la evaluación de un gran número de cultivares, pues cada vez es más creciente el fenómeno de la sequía y mucho más las áreas de siembra en condiciones desfavorable.

Por tal razón, el objetivo de esta investigación fue evaluar 20 accesiones de maíz incluyendo un testigo local (cultivar Gibara) en condiciones de sequía y de riegos suplementarios, en finca de un pequeño productor de la localidad Las Caobas y en áreas del Departamento de Granos perteneciente a la Unidad de Extensión, Investigación y Capacitación Agropecuaria de Holguín, localidad de Velasco; ambas en el municipio Gibara.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para seleccionar materiales que se adapten a las diferentes condiciones edafoclimáticas del municipio de Gibara, se decidió realizar dos experimentos, uno en la zona I, en el área de trabajo de un pequeño productor de la localidad Las Caobas, cuyo suelo está clasificado como Húmico sialítico tipo y subtipo redzinas rojas y el otro en la zona II, dentro del área experimental del Departamento de Granos perteneciente a la Unidad de Extensión, Investigación y Capacitación Agropecuaria de Holguín (UEICA-H), localidad de Velasco, en un suelo Pardo ócrico sin carbonatos típicos. Para la selección de las áreas se tuvo en cuenta la zonificación del municipio de Gibara realizada por (Ojeda *et al.*, 2003).

Se evaluaron en condiciones de sequía y de riegos suplementarios, 19 accesiones de maíz procedentes de campesinos individuales a través de una colecta efectuada en las provincias orientales (Tabla I). Como testigo se utilizó el cultivar Gibara, procedente del banco de germoplasma de la UEICA-H.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con tres repeticiones. Las parcelas contaron con cuatro surcos de 7,0m de largo y una separación de 0,90m para cada tratamiento, con una densidad de 3,3 plantas por metro lineal.

Se aplicó un riego de presiembra para los tratamientos de secano en ambas localidades, además, teniendo en cuenta las características físicas de los suelos y las necesidades hídricas según las etapas fenológicas del Maíz (Cuba, 2001), para el caso de los tratamientos con riegos suplementarios se aplicaron seis riegos en el experimento de la zona I y cuatro para el ensayo de la zona II. Se utilizó la técnica de aspersión, con el uso de aspersores Mar 90-Z con gasto de

0,5 litros/ segundo, con un marco de riego 12m x 12m, o que equivale a una entrega de 125 m³/ha por hora bruta de riego. Se regó dos horas para una norma de 250 m³/ha.

Se esclarece que cada accesión en condiciones de secano y de riegos suplementarios corresponde a un tratamiento y que su número es el orden de aparición de las mismas al efectuarse la colecta.

Para determinar resistencia a sequía, se recurrió a la evaluación en campo de numerosos genotipos en condiciones de sequía y de esta forma incrementar las probabilidades de identificar y seleccionar los de comportamiento superior en estas condiciones. Además, se emplearon índices que respaldan adecuadamente el proceso de selección, tomando como base la media del rendimiento en condiciones de sequía y riego suplementario, como se explica más adelante. Método que ha sido utilizado con buenos resultados por Fernández (2000) y Chaveco (2005).

Una vez obtenida la información, se utilizó el programa Microsoft Excel para almacenar los datos. El procesamiento de los datos para el análisis del rendimiento, se realizó a través de un análisis de varianza con el empleo del software "Estadística". Sistema automatizado del Instituto de Ciencia Animal de la Provincia Habana (1998). Las medias se compararon según la dócima de Tukey al 0,05 de significación.

También en ambos experimentos, se calculó: el Índice de intensidad de sequía (IIS), de susceptibilidad de sequía para cada accesión (ISSi), Porcentaje de pérdida del rendimiento (PPR), la Media geométrica (MG) para el rendimiento de cada accesión y el índice de eficiencia relativa para cada genotipo (IERi).

Tabla 1: Testigo y accesiones evaluadas en las dos zonas.

#	Accesiones	Procedencia (colecta)
1.	8	Babiney-Cauto Cristo-Granma
2.	14	Laguna Blanca-Contra Maestre-Santiago de Cuba
3.	25	El Paraná-San Luis-Santiago de Cuba
4.	26	Monte Verde-Yatera-Guantánamo
5.	32	El Salvador- Guantánamo
6.	34	El Salvador- Guantánamo
7.	39	Los Pozos-Banes-Holguín
8.	43	Rio Seco-Banes-Holguín
9.	44	Los Angeles-Banes-Holguín
10.	46	Tasajera- Banes-Holguín
11.	106	Cruse del Cerro-Uñas-Gibara-Holguín
12.	108	Uñas-Gibara-Holguín
13.	116	Uñas-Gibara-Holguín
14.	120	Uñas-Gibara-Holguín
15.	121	Mayorquín-Gibara-Holguín.
16.	125	La Rosa- Uñas-Gibara-Holguín.
17.	127	Uñas-Gibara-Holguín.
18.	128	Uñas-Gibara-Holguín.
19.	142	Los Hoyos- Gibara-Holguín.
20.	Testigo local (cultivar Gibara)	Gibara-Holguín.

Cálculos de los índices que involucran el rendimiento en la selección de las accesiones

La selección de genotipos con adaptación a condiciones de sequía, se realizó utilizando los valores de rendimiento obtenidos en cada repetición, en los tratamientos en condiciones de sequía y en los tratamientos con aplicación de riego suplementario. Para establecer los límites

de tolerancia y susceptibilidad, se consideraron las medias de cada uno de los índices y se definieron los siguientes términos: R_s = Promedio general de rendimiento en sequía, R_r = Promedio general de rendimiento con riego suplementario, R_{si} = Rendimiento promedio en secano de la i -enésima accesión y R_{ri} = Rendimiento promedio en riego suplementario de la i -enésima accesión.

a) Índice de intensidad de sequía (IIS).

Para estimar la intensidad y el efecto de la sequía sobre el rendimiento del grano se utilizó la metodología propuesta por Fischer y Maure (1978), citada por Chaveco (2005). Se utilizó para su cálculo, la media del rendimiento en las condiciones de sequía dividido entre el promedio general de todas las accesiones en condiciones de riego.

Índice de intensidad de sequía (IIS)

$$IIS = 1 - (R_s / R_r)$$

Considerando los resultados de Serna *et al.* (2000) y Terán y Singh (2002) se adoptó la siguiente escala para la clasificación de la intensidad de sequía: Baja (0,10-0,35), Moderada (0,36-0,70) y Alta (0,71-1,00).

b) Índice de susceptibilidad a sequía (ISSi) para cada accesión.

A partir del IIS se calculó el índice de susceptibilidad a la sequía (ISS) para cada accesión individual. Se consideran accesiones con tolerancia a sequía aquellas que tienen valores inferiores a la unidad (media general).

Este índice permite clasificar genotipos, con base al rendimiento obtenido en ambas condiciones de humedad de la siguiente manera:

Índice de susceptibilidad de sequía (ISSi) para cada accesión

$$ISS_i = [1 - (R_{si} / R_{ri})] / IIS$$

c) Porcentaje de pérdidas o depresión del rendimiento (PPR)

Para estimar la intensidad y el efecto de la sequía sobre el rendimiento de grano, la pérdida de rendimiento entre las dos condiciones (expresada en porcentaje) se utilizó la metodología propuesta por Fischer y Maure (1978), citada por Chaveco (2005).

Porcentaje de pérdidas de rendimiento (PPR)

$$PPR = (R_{si} / R_{ri}) * 100$$

Con el cálculo del Índice de susceptibilidad de sequía (ISS) y el de Porcentaje de pérdidas del rendimiento (PPR) podrán identificarse accesiones con adaptación específica a la condición de secano, siempre que sean bajos los niveles de estos parámetros, es decir siempre que alcancen valores por debajo del promedio general.

d) La media geométrica (MG) para rendimiento de cada una de las accesiones.

Para la media geométrica (MG) propuesta por Samper (1984) y citada por Rosales *et al.* (2000), se utilizó el rendimiento de cada accesión en las condiciones de sequía y riego suplementario, multiplicados entre si y determinada la raíz cuadrada. Se consideran adecuados los valores de MG, siempre y cuando, superen la media general de los materiales evaluados.

Media geométrica (MG).

$$MG_i = (R_{si} \times R_{ri})^{1/2}$$

e) Índice de eficiencia relativa para cada genotipo (IERi)

Se sugirió la metodología propuesta por Graham (1984), citado por Rosales *et al.* (2000). Valores por encima de la media en cada uno de los genotipos, son considerados altos.

Índice de eficiencia relativa para cada genotipo (IERi)

$$IERi = \left(\frac{Rsi}{Rs}\right) \times \left(\frac{Rri}{Rr}\right)$$

La media geométrica (MG) y el Índice de eficiencia relativa para cada genotipo (IERi) auxilian en la identificación de accesiones con altos rendimientos en humedad favorable y adaptación a seco siempre que sus valores superen el promedio general de los materiales evaluados.

Correlaciones simples entre variables cuantificadas.

Los valores obtenidos en el cálculo de los Índices de susceptibilidad de sequía (ISSi) para cada accesión, Porcentaje de pérdida del rendimiento (PPR), la media geométrica (MG) y el Índice de eficiencia relativa para cada genotipo (IERi) fueron utilizados para efectuar un análisis de correlación, determinándose el grado de relación entre ellos. Para este análisis se utilizó el paquete estadístico SSPS® versión 15.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se observa en la Tabla 2, al existir condiciones de estrés hídrico en el campo, los rendimientos de los 20 materiales en la zona I se redujeron drásticamente al compararse con los obtenidos en condiciones de riego suplementario.

En la condición de sequía, los valores de rendimientos se encontraron desde 0,26 a 1,24 t.ha⁻¹, no así, para los tratamientos con riego suplementario, donde se obtuvieron los mayores rendimientos, que oscilaron entre 1,27 y 2,17 t.ha⁻¹.

Tales reducciones del rendimiento en las condiciones de sequía, pudieron estar dadas a que cuando este fenómeno se presenta en la etapa reproductiva, pueden existir fallas en la polinización, afectación en el número de granos, acumulado de materia seca del grano, pérdida en el peso de los granos y con este una disminución del rendimiento (Saini y Westgate, 2000). Resultados semejantes obtuvo Çakir (2004) cuando aplicó estrés hídrico en el cultivo del maíz en la etapa de formación de flores, con la consiguiente afectación en esta fase del cultivo, además de la disminución del número de granos como principal componente afectado por la sequía, lo cual provocó una reducción del rendimiento.

Estos resultados, están en correspondencia con los reportados por Zarco *et al.* (2005) al someter a condiciones de sequía cuatro líneas de maíz, en las cuales se redujo el rendimiento del grano considerablemente, ya que comparar los rendimientos obtenidos en condiciones de riego y condiciones de sequía, es uno de los métodos en estudios utilizados para determinar tolerancia a sequía.

En seco, los mejores materiales para esta variable fueron: las accesiones 25 y 26 (1,24 y 1,18 t.ha⁻¹ respectivamente), sin evidenciar diferencias significativas entre ellas y sí del resto de los tratamientos; existieron otros materiales como el 39, 43, 44, 46, 106, 108 y el testigo Gibara, que tuvieron buenos resultados con valores por encima de la media general de rendimiento (0,69 t.ha⁻¹).

En la condición de riego suplementario, un total de 9 accesiones superaron la media del rendimiento (1,75 t.ha⁻¹), los mejores resultados lo alcanzaron las accesiones 39 y 46 (2,16 y 2,17 t.ha⁻¹), sin presentar diferencia entre ellas y sí del resto de los materiales evaluados. El promedio en estas condiciones fue de 1,75 t.ha⁻¹.

Tabla 2. Índices utilizados en la selección (zona I).

Accesiones	Rendimiento Riego (t.ha ⁻¹)	Rendimiento Secano (t.ha ⁻¹)	Depresión del rendimiento (%)	Media Geométrica de rendimiento	Índice de susceptibilidad de sequía	Índice de eficiencia relativa
8	1,64 abcdef	0,41 abc	75,0	0,82	1,25	0,56
14	1,92 cdef	0,60 abcde	68,8	1,07	1,15	0,95
25	2,11 f	1,24 h	41,2	1,62	0,69	2,17
26	2,09 ef	1,18 h	43,5	1,57	0,73	2,04
32	1,61 abcde	0,26 a	83,9	0,65	1,40	0,35
34	1,80 bcdef	0,55 abcde	69,4	0,99	1,16	0,82
39	2,16 g	0,88 efg	59,3	1,38	0,99	1,57
43	1,60 abcd	0,75 cdef	52,5	1,10	0,88	1,01
44	2,05 def	0,81 def	60,5	1,29	1,01	1,38
46	2,17 g	0,86 efg	60,4	1,37	1,01	1,55
106	2,05 def	0,87 efg	57,6	1,34	0,96	1,48
108	1,43 ab	0,99 fg	30,8	1,19	0,51	1,17
116	1,65 abcdef	0,67 bcdef	59,4	1,05	0,99	0,92
120	1,27 a	0,38 ab	70,1	0,69	1,17	0,40
121	1,37 ab	0,46 abcd	66,4	0,79	1,11	0,52
125	1,49 abc	0,68 bcdef	54,4	1,01	0,91	0,84
127	1,58 abcd	0,30 a	81,0	0,69	1,35	0,39
128	1,42 ab	0,43 abc	69,0	0,79	1,15	0,52
142	1,41 ab	0,58 abcde	58,9	0,90	0,98	0,68
Gibara (T)	2,11 f	0,90 efg	57,3	1,38	0,96	1,57
Promedio	1,75	0,69	60,96	1,08	1,02	1,04

Nota: La letra más alta corresponde a los rendimientos más altos y viceversa, según resultados del análisis de varianza con el empleo del software "Estadística". Sistema automatizado del Instituto de Ciencia Animal de la Provincia Habana (1998).

Índices utilizados en la selección

Índice de intensidad de sequía (IIS)

El índice de clasificación para valorar el IIS en las accesiones evaluadas en la zona I, mostró un valor de 0,60; esta cifra se encontró según la escala de clasificación propuesta por Terán y Singh (2002), en el rango de moderada, lo cual se puede decir que estos materiales expresaron un buen comportamiento en las condiciones de sequía, pudiendo presentar cierto grado de tolerancia a estas condiciones. Investigadores como Chaveco (2005) han utilizado esta misma escala para evaluar el IIS en el frijol común, donde obtuvo un alto IIS (0,85).

Por otra parte Serna *et al.* (2000), han utilizado este índice de selección como método de gran uso para respaldar los resultados alcanzados por disímiles cultivos al estar sometido a condiciones de sequía. Por otro lado, estos autores siempre han utilizado este IIS de forma general para todos los materiales y a partir de este calculan el índice de susceptibilidad a la sequía (ISS).

Índice de susceptibilidad de sequía (ISS)

Como se observa en la Tabla 2, las accesiones 25, 26, 39, 44, 46, 106, se situaron entre las de valor reducido para el ISS y de mayor rendimiento en ambas condiciones de humedad. El testigo Gibara, cumplió también con estas premisas. Sin embargo, algunos materiales con bajos valores de índice de susceptibilidad de sequía, como es el caso de las accesiones 116, 125, 142, no fueron de las más productivas, alcanzando valores por debajo de la media general de rendimiento. Otras como las accesiones 43, 108 y 116 también presentaron valores reducidos

de ISS, con cifras por debajo de la media de este índice (1,02). Este índice podría considerarse como un criterio aceptable para discriminar genotipos; pero, debe tomarse con precaución y tener en cuenta lo planteado por Rosales *et al.* (2000) quienes hacen énfasis en que se debe relacionar este índice con otros índices, e incluso, con el rendimiento individual de cada material para poder recomendar un material con adaptación a la sequía.

Por lo anterior, es necesario la combinación de criterios, y seleccionar accesiones que superen la media general de rendimiento en ambas condiciones de humedad, además, que presenten valores inferiores al promedio del ISS; con esto es posible seleccionar accesiones con buena adaptación a las condiciones de sequía y con capacidad de respuesta para rendimiento de grano, en condiciones favorables de humedad.

Media geométrica de rendimiento (MG).

La mayoría de las accesiones con la mayor media geométrica, mostraron buena relación con la clasificación hecha en base al ISS, por lo que se debe tener presente esta combinación de métodos para una clasificación aceptable y poder seleccionar accesiones con mejor adaptación en condiciones poco favorables de humedad. Las mejores accesiones teniendo en cuenta este índice de selección fueron: la 25, 26, 39, 43, 44, 46, 106, 108 y el testigo Gibara.

En la Tabla 3 se resalta la correlación positiva y significativa entre la MG y el rendimiento de grano en sequía ($r = 0,96^{**}$) y riego ($r = 0,82^{**}$); así como una correlación negativa y significativa entre el ISS y el rendimiento de grano en secano ($r = -0,87^{**}$). Esta última correlación claramente indica que los bajos valores de ISS son mejores, sobre todo, buscando materiales cuyo rendimiento este por encima del promedio.

Tabla 3: Coeficiente de correlación entre el rendimiento de las dos condiciones de humedad (riego y sequía), Media geométrica (MG), Porcentaje de pérdidas o depresión del rendimiento (PPR), Índice de susceptibilidad de sequía (ISS) e Índice de eficiencia relativa (IER) de 20 accesiones de maíz.

		Sequía	MG	PPR	ISS	IER
Rendimiento	Riego	0,66 ^{**}	0,82 ^{**}	0,24	0,24	0,83 ^{**}
	Sequía		0,96 ^{**}	-0,88 ^{**}	-0,87 ^{**}	0,96 ^{**}
	MG			-0,73 ^{**}	-0,73 ^{**}	0,99 ^{**}
	PPR				1,00	-0,71 ^{**}
	ISS					-0,71 ^{**}

** Indica correlación significativa para el nivel 0.01

Índice de eficiencia relativa para cada genotipo (IER)

La Tabla 2, muestra que la accesión 25, al igual que los materiales 26, 39, 44, 46, 106 y el testigo Gibara, tuvieron respuestas positivas en condiciones de poca humedad. Estos materiales presentaron un alto IER, además de alcanzar valores por debajo de la media de ISS y una MG alta. Estas valoraciones debemos tenerlas presente a la hora de seleccionar materiales en condiciones de sequía. Por otro lado, Chaveco (2005) alcanzó buenos resultados al utilizar la interrelación de estos índices para la identificación de líneas de frijol común tolerantes a sequía.

En forma similar, la MG y el IER, basados en el rendimiento, mostraron una alta correlación entre ellos ($r = 0,99^{**}$) (Tabla 3) lo que sugiere que la utilización de cualquiera de ellos proporcionará los mismos resultados.

Porcentaje de pérdidas o depresión del rendimiento (PPR)

La selección de las accesiones, usando la disminución del rendimiento, mostró similitud con la realizada cuando se utilizó el ISS, registrándose un alto grado de relación entre estos índices

($r = 1,00^{**}$) (Tabla 3), ya que ambos se basan en la reducción del rendimiento entre condiciones favorables y desfavorables de humedad.

La selección para bajos niveles de ISS y PPR, mostraron alta especificidad para la obtención de genotipos tolerantes a la sequía, aunque al utilizar este índice se descuida el potencial de respuesta en condiciones favorables de humedad.

Las accesiones 26, 25, 108 alcanzaron la menor depresión en el rendimiento al pasar de condición favorable de humedad a la sequía (43,5; 41,2 y 30,8% respectivamente), además de alcanzar valores por debajo de la media del ISS. En las accesiones 125 y 142, la depresión fue baja, con valores de 54,4 y 58,9% y sus ISS- 0,91 y 0,98 respectivamente, con lo cual podrían considerarse como tolerante a la sequía; sin embargo, sus valores no superaron el promedio general rendimientos en las dos condiciones evaluadas. Otros materiales como la accesión 106 y el testigo presentaron buen comportamiento respecto a este índice con valores de depresión de 57,6 y 57,30 %.

Investigadores como Terán y Singh (2002) y Chaveco (2005) han utilizado estos índices de selección para auxiliarse en la determinación de genotipos tolerantes a condiciones de sequía, apoyándose en el rendimiento para una excelente clasificación.

Teniendo en cuenta lo antes discutido podemos plantear que, se debe de agrupar genotipos que presenten valores por encima de la media de rendimiento, de la MG y IER, además de presentar valores por debajo de la media del ISS y muestren menor PPR en condiciones de secano.

Departamento de Granos. UEICA-H (zona II)

La Tabla 4, muestra los rendimientos de los 20 materiales. Al igual que en la zona I, los rendimientos en secano se vieron afectados al compararse con los alcanzados en condiciones de riego suplementario. Los valores en esta condición oscilaron entre 0,60 y 1,57 t.ha⁻¹, y se alcanzó un rendimiento promedio de 0,99 t.ha⁻¹. Los mejores comportamientos en cuanto a este parámetro lo obtuvieron las accesiones 26, 39, 43, 108, 116 y el testigo local, no existiendo diferencia entre ellas, y sí del resto de los materiales. El rendimiento de los materiales evaluados en riego osciló entre 1,34 y 2,44 t.ha⁻¹ y un promedio de 1,98 t.ha⁻¹ mostró este ensayo. Un total de 9 accesiones sobrepasaron la media del rendimiento, destacándose la 26, 46 y 39, con 2,44; 2,37 y 2,36 t.ha⁻¹ respectivamente.

Como podemos observar, existieron accesiones que presentaron un mejor comportamiento en condiciones de estrés de sequía en cuanto al testigo. Estos resultados coinciden con Córdoba, (1990) donde obtuvo mayores rendimientos en la variedad BS-16 tolerante a condiciones de humedad limitada, al ser comparada con una variedad local. Por otro lado, al verse afectado el cultivo por un largo periodo de sequía, esto pudo provocar falla en el periodo de polinización-fecundación-fertilización, causando una aborción de los cigotos recién formados. Estos resultados coinciden con investigaciones realizadas por (Zarco *et al.*, 2005).

Índice de intensidad de sequía (IIS)

Al evaluar el IIS de las accesiones en estudio en el área del Departamento de Granos, se obtuvo un valor de 0,50, lo que coincide con la clasificación hecha en la localidad de las Caobas, la cual aunque presentó valores de ISS de 0,60, ambas cifras se encontraron en el rango de moderada según la escala de clasificación propuesta por Terán y Singh (2002). Podemos decir que a pesar de existir diferencia de ISS (0,10) entre una zona y otra, y que los materiales no alcanzaron mayores rendimientos en las condiciones de sequía en la zona I, muchos de ellos presentaron un buen desempeño para las condiciones de suelo y clima existente en esta localidad.

Tabla 4. Índices utilizados en la selección (zona II).

Accesiones	Rendimiento Riego (t.ha ⁻¹)	Rendimiento Secano (t.ha ⁻¹)	Depresión del rend (%)	Media Geométrica de rendimiento	Índice de susceptibilidad de sequía	Índice de eficiencia relativa
8	1,78 abc	0,85 abc	52,43	1,23	1,05	0,77
14	1,98 cde	0,89 bc	54,88	1,33	1,10	0,90
25	2,06 cdef	0,88 bc	57,28	1,35	1,15	0,92
26	2,44 f	1,29 d	47,34	1,77	0,95	1,60
32	1,41 ab	0,83 abc	41,37	1,08	0,83	0,59
34	2,27 def	0,94 c	58,80	1,46	1,18	1,09
39	2,36 ef	1,57 e	33,71	1,92	0,67	1,89
43	2,15 cdef	1,46 de	32,25	1,77	0,64	1,60
44	1,96 cde	0,71 abc	64,01	1,18	1,28	0,71
46	2,37 ef	0,95 c	59,77	1,50	1,20	1,15
106	1,71 abc	0,93 c	45,53	1,26	0,91	0,82
108	2,28 def	1,40 de	38,83	1,79	0,78	1,63
116	1,93 cde	1,50 de	22,11	1,70	0,44	1,48
120	1,34 a	0,60 a	55,09	0,90	1,10	0,41
121	1,80 abc	0,73 abc	59,44	1,15	1,19	0,67
125	2,02 cdef	0,89 bc	55,94	1,34	1,12	0,92
127	1,77 abc	0,65 ab	63,09	1,08	1,26	0,59
128	1,81 bc	0,70 abc	61,25	1,12	1,23	0,65
142	1,87 cd	0,71 abc	62,37	1,16	1,25	0,68
Gibara (T)	2,16 cdef	1,38 de	36,21	1,73	0,72	1,52
Promedios	1,98	0,99	50,09	1,39	1,00	1,03

Nota: La letra más alta corresponde a los rendimientos más altos y viceversa, según análisis de varianza con el empleo del software "Estadística". Sistema automatizado del Instituto de Ciencia Animal de la Provincia Habana (1998).

Índice de susceptibilidad de sequía (ISS)

Como se observa en la Tabla 4, algunas accesiones con bajos valores de Índice de susceptibilidad de sequía fueron de los más productivos, otros no se comportaron de igual forma en las condiciones de secano, pero se encontraban entre los de valores reducidos al pasar de la condición de riego a sequía.

Las accesiones 26, 39, 43 y 108 se situaron entre las de valor reducido para ISS y de mayor rendimiento en ambas condiciones de humedad. El testigo Gibara, cumplió también con estas premisas. No así, para los materiales 32 y 106 que alcanzaron bajos valores de ISS, sin embargo los rendimientos no superaron la media en ambas condiciones.

Media geométrica de rendimiento (MG).

Al utilizar este criterio de la MG (Tabla 4) las mejores accesiones fueron: 26, 39, 43, 108, 116, así como el testigo local, esta clasificación mostró buena relación con la hecha en base al ISS. Lo antes expuesto se debe tener presente y valorar lo planteado por Chaveco (2005), donde sugiere la combinación de métodos de selección para una clasificación aceptable y poder seleccionar accesiones con mejor adaptación en condiciones poco favorables de humedad.

Las accesiones 34 y 46 alcanzaron valores alto en la MG, sin embargo el rendimiento en secano no superó el promedio, además presentaron altos ISS.

Tabla 5. Coeficiente de correlación entre el rendimiento de las dos condiciones de humedad (riego y sequía), Media geométrica (MG), Porcentaje de pérdidas o depresión del rendimiento (PPR), Índice de susceptibilidad de sequía (ISS) e Índice de eficiencia relativa (IER) de los materiales evaluados.

		Sequía	MG	PPR	ISS	IER
Rendimiento	Riego	0,63**	0,82**	0,18	0,18	0,80**
	Sequía		0,95**	-0,87**	-0,87**	0,96**
	MG			-0,70**	-0,70**	0,99**
	DR				1,00	-0,72**
	ISS					-0,72**

** Indica correlación significativa para el nivel 0.01

En la Tabla 5 se resalta la correlación positiva y significativa entre la MG y el rendimiento de grano en sequía ($r = 0,95^{**}$) y riego ($r = 0,82^{**}$); así como una correlación negativa y significativa entre el ISS y el rendimiento de grano en seco ($r = -0,87^{**}$). Esta última correlación claramente indica como se había dicho anteriormente que los bajos valores de Índice de susceptibilidad de sequía son mejores. Valores semejantes se alcanzaron en la zona I al correlacionar estos mismos índices de selección.

Índice de eficiencia relativa para cada genotipo (IER)

El testigo Gibara, al igual que las accesiones 26, 39, 43, 108 y 116 tuvieron respuestas positivas en condiciones de poca humedad (Tabla 4), una cifra por debajo de la media del ISS, así como una MG alta y un alto IER, corroborando lo planteado por Bolaños y Edmeades (1996), donde valoran que los mecanismos de respuesta de las plantas al déficit hídrico, sugieren una amplia gama de posibles criterios auxiliares de selección, que ha obligado a recurrir al uso de índices, entre los que encuentran: Índice de Intensidad de sequía, Índice de Susceptibilidad de Sequía, Media Geométrica de Rendimiento, Índice de Eficiencia para cada Genotipo. En forma similar, la MG y el IER, basados en el rendimiento, mostraron una alta correlación entre ellos ($r = 0,99^{**}$) (Tabla 5) lo que sugiere que la utilización de cualquiera de ellos proporcionará los mismos resultados.

Porcentaje de pérdidas o depresión del rendimiento (PPR)

En la tabla 4, podemos observar que las accesiones 39, 43, 108 y el testigo local, mostraron la menor depresión en el rendimiento al pasar de una condición a otra, obteniendo además valores por debajo de la media en cuanto a ISS. Existieron otras como la accesión 116, con una depresión de 22,11%, que, aunque en condiciones de riego no superó la media de rendimiento, en seco si lo logró.

Para las accesiones 32 y 106, la depresión fue de 41,37 y 45,53 y sus ISS fueron bajos, lo cual podrían considerarse como tolerantes a la sequía; sin embargo, sus rendimientos en condiciones de riego fueron unos de los más reducidos, además, no se encontraron entre las mejores accesiones en condiciones de déficit hídrico, y presentaron valores por debajo de la media de rendimiento.

La selección de las accesiones teniendo en cuenta este índice, mostró similitud con la realizada cuando se utilizó el ISS, registrándose un alto grado de relación entre estos índices ($r = 1,00^{**}$) (Tabla 5), ya que ambos se basan en la reducción del rendimiento entre condiciones favorables y desfavorables de humedad.

CONCLUSIONES

Los materiales con mejor desempeño en condiciones de sequía fueron el 25 ($1,24 \text{ t.ha}^{-1}$), 26 ($1,18 \text{ t.ha}^{-1}$), 108 ($0,99 \text{ t.ha}^{-1}$) en la zona I y el 39 ($1,57 \text{ t.ha}^{-1}$), 116 ($1,50 \text{ t.ha}^{-1}$), 43 ($1,46 \text{ t.ha}^{-1}$), 108 ($1,40 \text{ t.ha}^{-1}$), 26 ($1,29 \text{ t.ha}^{-1}$), en la zona II; y el testigo Gibara, en ambas condiciones.

Las accesiones 25, 26, 39, 44, 46, 106 y el testigo Gibara fueron las de mejor comportamiento en la zona I en las condiciones de riego suplementario, oscilando los valores de rendimientos entre 2,05 t.ha⁻¹ y 2,17 t.ha⁻¹ y en la zona II, las accesiones 25, 26, 34, 39, 43, 46, 108, 125 y el testigo Gibara alcanzando valores entre 2,06 t.ha⁻¹ y 2,44 t.ha⁻¹.

Las accesiones de mejor comportamiento, identificadas a partir de los índices de selección, tomando como base la media del rendimiento en ambas condiciones fueron: para la localidad de Las Caobas: las accesiones 25, 26, 39, 44, 46, 106, incluyendo el testigo local, y las accesiones 26, 39, 43, 108 y el testigo Gibara para la localidad del Departamento de Granos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bolaños, J. y Edmeades, G. (1996). The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. Developing drought and low N-tolerant maize. Proceedings of a Symposium. CIMMYT, El Batán, México. G. O. Technical Editors. pp. 355-368.
- Cakir, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Res.* 89: 1-16.
- Chaveco, O. (2005). Evaluación de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo dos condiciones de humedad utilizando diferentes criterios de selección. Tesis en opción al título de máster en ciencias agrícolas. Universidad de Holguín. "Oscar Lucero Moya". Departamento Agropecuario. Cuba.
- CITMA (2008). Datos climáticos. Estación meteorológica. Holguín.
- Córdova, H. (1990). Desarrollo y Mejoramiento de Germoplasma para resistencia a factores adversos bióticos y abióticos. Programa Regional de maíz para Centro América, Panamá y el Caribe. Pp 1-4.
- Cuba, (2001). Ministerio de la Agricultura. Guía técnica para la producción del cultivo del maíz. Apoyo al programa para el cultivo popular de productos básicos en las provincias orientales del país, proyecto CUB/98/003, CUB/98/L 03. Colectivo de autores, pp. 5-6.
- Fernández, G. C. J. (2000). Effective selection criteria for assessing plant tolerance. Adaptation of food crops to temperature and water stress. Proceedings of an International Symposium. Taiwan, C. George Kuo, Editor pp. 257-270.
- MINAGRI (2008). Información del departamento de estadística. Delegación de la agricultura. Holguín. Cuba.
- Ojeda, R., Aranda, S. y Rodríguez, Daimarelis. (2003). Zonificación del Municipio Gibara. *Revista Trimestral Ciencias Holguín.* Año IX, No. 4. ISSN 1027-2127.
- Rosales, R., Ramírez P., Acosta J. A., Castillo F. y Nelly D. (2000) *Agro ciencia* 34: 153-165.
- Saini, H. S. & Westgate, M.E. (2000). Reproductive development in grain crops during drought. *Adv. Agron.* 68: 59-96.
- Software "Estadística" (1998) En soporte magnético. Sistema automatizado del Instituto de Ciencia Animal de La Provincia Habana.

Terán, H. y Singh, S. P. (2002). Comparisons of Sources and lines selected for drought resistances in common bean. *Crop Sci.* 42:64-70.

Zarco, E. P., González, V. H., López, Cristina, P. y Salinas, Yolanda, M. (2005). Physiological markers for drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). *Agrociencia*, 39: 517-528.