

CRECIMIENTO Y CONTENIDO DE AGUA DE GENOTIPOS DE MAÍZ DE TEMPORAL EN ZACATECAS*

GROWTH AND WATER CONTENT OF MAIZE GENOTYPES UNDER RAINFED CONDITIONS IN ZACATECAS

Maximino Luna Flores¹ y José Ricardo Gutiérrez Sánchez¹

¹Drs. Investigadores del Programa de Maíz, Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. Apartado Postal 18 C.P. 98500 Calera, Zac.

RESUMEN

Este trabajo se llevó a cabo en condiciones de temporal en 1993, en Calera, Zacatecas, México, con el objetivo de medir el crecimiento y contenido de agua de seis genotipos de maíz aptos para condiciones de temporal, así como analizar la influencia de los métodos de mejoramiento genético usados sobre algunos de los genotipos incluidos en el estudio. Se registraron 227 mm de precipitación durante el ciclo de cultivo, con un período de 29 días sin lluvia a partir del día 15 después de la siembra. Se observó que la variedad V-209, derivada del Compuesto Calera 74 (Comp. Cal. 74), emergió y formó área foliar más rápidamente en la primera etapa de crecimiento que el Comp. Cal. 74, creció más lentamente cuando no llovió, aunque al final mostró mayor área foliar; V-209 también registró mayor contenido de agua en sus hojas que el Comp. Cal. 74 después de 29 días sin lluvia. El III CSFRS (Tercer Ciclo de Selección Familiar por Riego-Sequía), del Zacatecas 58 (Zac. 58) y el Zac. 58 del que se derivó, emergieron con la misma rapidez; el primero siempre mostró mayor altura y superó en número de hojas al segundo al final del ciclo vegetativo; en área foliar Zac. 58 fue inferior. En contenido de agua, Zac. 58 superó a su derivado III CSFRS Zac. 58 después de 29 días sin lluvia. El H-311, incluido como testigo tardío, emergió más lentamente que el resto de los genotipos y su desarrollo también fue lento en la primera etapa de crecimiento.

Palabras clave: *Zea mays* L., temporal, zonas áridas, crecimiento.

ABSTRACT

This work was carried out under rainfed conditions in 1993, at Calera, Zacatecas, Mexico. The objectives were to measure the growth and water content of six maize genotypes generated to these ecological conditions, and to analyze the influence of the maize breeding methods over some of the genotypes included in the research. During the growing cycle were registered 227 mm rainfall. It was observed that variety V-209, derived from Compuesto Calera 74 (Comp. Cal. 74), start emerging and forming leaf area more quickly than its parent; in the vegetative stage it grew more slowly because of 29 days of drought; however, at final, leaf area of V-209 was superior than Comp. Cal. 74; water content was also superior after 29 days of drought. The III CSFRS (third cycle of familial selection irrigation-drouhgt) from Zacatecas 58 (Zac. 58) and Zac. 58, from where the first was derived, both emerged at the same time; the first one always had larger plant height; the leaf number was higher only at the end of the cycle, but it had less leaf area than Zac. 58. After 29 days without rain Zac. 58 had higher water content than III CSFRS Zac. 58. H-311 (control) emerged more slowly than the other five genotypes, grew slowly at the first days, and more quickly after 56 days from planting date.

Key words: *Zea mays* L., rainfed, dry regions, growth.

* Fecha de recepción: 30 de junio de 1998

Fecha de aceptación: 21 de enero de 1999

INTRODUCCION

En la región templada semiárida y árida de México, donde dominan los climas BSk y BSh (García, 1973), que abarca los altiplanos de Zacatecas, Durango, Aguascalientes, San Luis Potosí y Norte de Guanajuato (Luna y Gutiérrez, 1990) se presentan los siniestros más frecuentes en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). En esta región se siembran en promedio 842,000 ha de maíz en condiciones de secano, de las que solamente se cosechan 536,000 ha, que representan el 64% del área sembrada. En estas condiciones de producción se obtienen entre 600 y 800 kg ha⁻¹, y en Aguascalientes los rendimientos son aún más bajos (Luna, 1993).

La causa principal de las pérdidas y los bajos rendimientos unitarios es la falta de agua, sobre todo en las etapas de floración y llenado de grano, ya que la distribución de la lluvia en general es de tipo gama (Ortiz, 1990). El problema se acentúa por la baja capacidad de retención de humedad del suelo, debido a sus características de poca profundidad, menor de 50 cm, y bajo contenido de materia orgánica, menor de 0.8%, (Luna y Zapata, 1988).

Aunado a lo anterior está la presencia de heladas tempranas, normalmente a mediados de octubre, condición que determina el uso de variedades precoces de maíz (100-120 días a madurez, en temperaturas de 16 a 21 °C). Es pertinente señalar que la precocidad está ligada a los bajos rendimientos unitarios. Cuando las lluvias se retrasan, también se retrasa la fecha de siembra del maíz, por lo que aumenta el riesgo de daños por heladas (Luna y Gutiérrez, 1990; Luna, 1993).

En el Programa de Maíz de Temporal de la región templada semiárida y árida que lleva a cabo el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), se han generado y se continúa la búsqueda de variedades precoces, tolerantes a la sequía, derivadas de compuestos y colectas específicas de amplia base genética con características de interés a través de diversos métodos de mejoramiento por selección (Zapata y Luna, 1989; Luna, 1993).

Entre las características de estas variedades sobresalen el rendimiento, menor riesgo de pérdida a través de años y localidades, menor densidad estomática y transpiración, raíces más abundantes, sincronía en la floración masculina y femenina, arrugamiento foliar, entre otras (Cortez, 1981; Peña, 1981; Castro, 1982; Zapata y Luna, 1989; Gutiérrez y Luna, 1989; Gutiérrez y Luna, 1990 y 1990a).

Algunos autores como Parmar y Moore (1966), Valdez (1976), Palmeros (1985), Vázquez (1992) y Gómez (1995), observaron diferencias varietales en la capacidad de germinación de la semilla; también observaron que las variedades resistentes a sequía formaban la radícula, plúmula y materia seca más rápidamente que las no resistentes. Bunting *et al.*, citados por Hurd (1971) y de la Rosa *et al.*, (1996) consideran que características como la rápida germinación y la alta tasa de asimilación en la etapa de plántula pueden ser ventajosas para resistir la sequía.

Sánchez (1963) detectó que una línea latente de maíz se recuperó más rápidamente que una susceptible después de un período de sequía. Peña (1981) y Bolaños *et al.*, (1993) señalan que la selección por sequía puede o no reducir el porte de la planta y la producción de materia seca sin afectar el rendimiento de grano. Blum (1996) considera que el tamaño de la planta y su relación con la productividad en condiciones de sequía no ha sido bien estudiado.

El presente trabajo se realizó con el objeto de medir el crecimiento y contenido de agua de seis genotipos de maíz generados para condiciones de temporal en la región semiárida y árida de México, así como observar si los métodos de mejoramiento usados influyeron sobre esas características en las variedades mejoradas respecto a las variedades de las que se derivaron.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se llevó a cabo en condiciones de temporal en 1993, en el Campo Experimental Zacatecas (CEZAC) del INIFAP, localizado a 22° 54' 34" latitud norte, 102° 39' 33" longitud oeste y 2197 msnm. El clima corresponde a un BSkw (García, 1973), con una precipitación de 440 mm anuales, temperatura media de 17 °C, y evaporación de 2690 mm. Predominan los suelos planos de migajón arcillo-arenoso, con menos de 75 cm de profundidad, menos de 1% de materia orgánica y baja fertilidad (CIANOC, 1986; Luna y Zapata, 1988).

Los genotipos de maíz evaluados fueron los siguientes: Comp. Cal. 74, V-209 (derivada del anterior), Zac. 58, III CSFRS Zac. 58 (tercer ciclo de selección familiar por resistencia a sequía del Zac. 58), H-204 y H-311. Las cuatro primeras son variedades de polinización libre que alcanzan la madurez fisiológica entre 95 y 100 días después de la siembra, y el híbrido H-204 que alcanza la madurez fisiológica a los 105 días; estos cinco genotipos son los más

precoces para siembras de secano de la región. El H-311 es un híbrido semi-tardío, de riego, para la misma zona, que se incluyó como referencia, bajo el supuesto de que su comportamiento sería muy distinto al de los otros genotipos.

La siembra se realizó el 9 de julio, en suelo húmedo por lluvia. Se fertilizó con la fórmula 40-40-00 al momento de la siembra y se dieron dos escardas. De todas las variedades se utilizó semilla nueva, del mismo tamaño (plano medio), y se sembró a 8 cm de profundidad, aproximadamente. Se registró el porcentaje de emergencia de plántulas desde el sexto hasta el décimo día después de la siembra con base en 100 semillas sembradas de cada variedad.

La precipitación registrada en el ciclo de cultivo fue de 227 mm distribuidos de la siguiente forma: 68.5 mm del 1o. al 20 de julio, 0 mm del 21 de julio al 15 de agosto, 94 mm de esta fecha al 50% de la floración masculina y 64.5 mm de esta fecha hasta la madurez fisiológica (Figura 1).

En 10 plantas escogidas al azar de cada variedad, cada siete días se midió su altura en cm desde la base del tallo hasta la punta, el número total de hojas y el área foliar de las dos hojas más grandes por el método de Palmer *et al.*, (1969), bajo el supuesto que existe una alta correlación positiva entre esta área foliar y el área foliar total de la planta (Francis, 1975). Se hicieron análisis de varianza para cada fecha de medición en diseño completamente al

azar, así como comparaciones de medias entre genotipos para cada variable mediante la *t* de Student. En los resultados solamente se presentan datos de cada 14 días, considerados como suficientes para observar las tendencias.

A los 44 días de la siembra, después de 29 días sin lluvia, con base en lo indicado por Williams *et al.*, (1967), en seis plantas de cada variedad se tomaron secciones de la parte media de la quinta hoja para determinar su contenido de agua y porcentaje de materia seca respecto al peso inicial por el método gravimétrico. Se realizaron análisis de varianza en un diseño completamente al azar, y comparaciones de medias con base en la *t* de Student.

Al final del ciclo se midió el peso de la materia seca (g) producida por las 10 plantas marcadas de cada variedad. Se hicieron comparaciones de medias entre variedades con base en la *t* de Student.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las variedades que iniciaron su emergencia más pronto fueron las siguientes: V-209, Zac. 58, III CSFRS Zac. 58 y el Comp. Cal. 74 (Cuadro 1); y alcanzaron porcentajes altos de emergencia (64 a 76%) a los siete días; los híbridos H-311 y H-204 tardaron un día más para alcanzar valores similares. Los genotipos cuyas plantas emergieron más

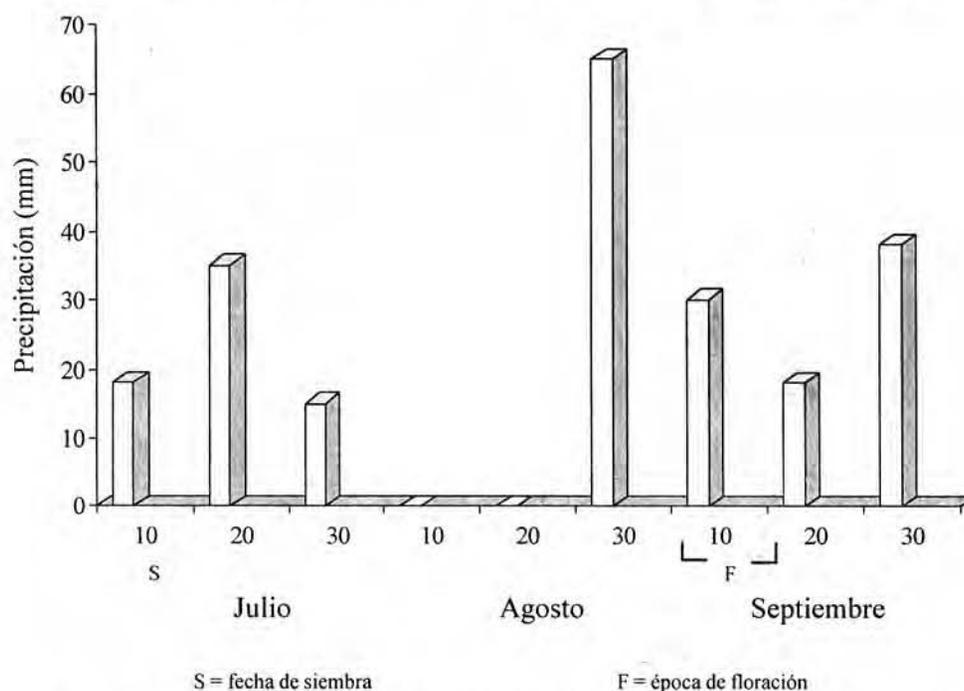


Figura 1. Precipitación decenal registrada de julio a septiembre de 1993 en Calera, Zacatecas, México.

pronto fueron los más precoces a maduración, como también lo había observado Gómez (1995), lo que sugiere que los primeros se caracterizan por una mayor velocidad de germinación.

Cuadro 1. Porcentaje de emergencia de plántulas en seis genotipos de maíz sembrados en condiciones de temporal. Calera, Zac. 1993.

Genotipos	Días después de la siembra						
	6m	6t	7m	7t	8m	9m	10m
	%						
V- 209	9	18	42	64	80	93	100
Comp. Cal. 74	2	14	27	71	87	93	100
Zac. 58	7	35	44	74	93	93	100
III CSFRS Zac. 58	7	18	44	76	84	93	100
H-311	0	11	32	57	84	92	100
H-204	0	4	22	51	76	91	100

m=8:00 a.m.; t=3:30 p.m.

En la variable altura de planta, los genotipos Comp. Cal. 74 y H-204 mostraron los valores más altos desde los 14 hasta los 56 días después de la siembra, mientras que Zac. 58 mostró los más bajos durante el ciclo, seguidos del H-311, el cual continuó creciendo durante varios días, cuando el resto de los genotipos ya había alcanzado su máxima altura a los 70 días después de la siembra (Cuadro 2).

El número de hojas fue similar en todos los genotipos hasta los 14 días después de la siembra; a los 28 días empezó a quedarse abajo el III CSFRS Zac. 58 y así continuó hasta el final, lo mismo que el Zac. 58 a partir del día 42, que al final fueron los de menor cantidad de hojas. A los 56 días el híbrido H-311 tuvo en promedio de 3.8 a 5.9 más hojas que el resto de los genotipos, debido a que es más tardío y de mayor altura que aquéllos (Cuadro 3).

En el Cuadro 4 se presenta el área foliar de las dos hojas más grandes de cada genotipo. En la primera medición el Zac. 58 y su derivado III CSFRS registraron la menor área foliar, y estuvieron abajo estadísticamente del resto de los genotipos hasta el final. A los 14 días después de la siembra el área foliar de la variedad V-209 fue mayor que la de el Comp. Cal. 74, pero en las siguientes dos mediciones el valor de la primera resultó inferior, probablemente por efecto de la sequía (Figura 1); sin embargo, en las dos últimas fechas el área foliar de V-209 volvió a ser superior, diferencia que se mantuvo en el período de formación del grano.

Probablemente el genotipo V-209 tiene más capacidad para disminuir su tasa de crecimiento que el Comp. Cal. 74 en la etapa vegetativa en presencia de sequía como mecanismo para reducir la transpiración (Duncan y Hesketh, 1968). En mejores condiciones de humedad las hojas de la variedad V-209 crecieron con rapidez, lo que sugiere una pronta recuperación post-sequía; esto coincidió con las etapas de floración y formación del grano, por lo que la producción se vio favorecida. Lo anterior parece indicar que la selección hecha en el Comp. Cal. 74 afectó la respuesta en área foliar en forma diferente a la variedad V-209 en presencia de sequía, pero al final del ciclo el área foliar en ambos fue igual debido a la recuperación de V-209 cuando hubo nuevamente humedad aprovechable. De los genotipos precoces, el H-204 fue el de mayor área foliar al final, diferencia que se observó desde los 35 días.

En el Cuadro 5 se presenta el contenido de agua y de materia seca de secciones de hoja de cada variedad, y la biomasa aérea medida a la cosecha. Se observa que no hubo diferencias entre el contenido de agua y de materia seca de los genotipos precoces, pero este contenido fue inferior en el híbrido H-311, probablemente debido a que los genotipos precoces son o provienen de germoplasma adaptado a la región donde se desarrolló el trabajo y el H-311 está formado con germoplasma de otra región ecológica (El Bajío). En todo caso no se observó diferencia entre el contenido de agua en las secciones de hoja de los genotipos V-209 y Comp. Cal. 74, ni entre Zac. 58 y el III CSFRS Zac.58.

El contenido de materia seca a la cosecha fue el mismo en las variedades V-209 y Comp. Cal. 74, y fue menor en Zac. 58 que en III CSFRS Zac. 58; en el H-204 el contenido de materia seca fue mayor que en Zac. 58 y en III CSFRS Zac. 58. Esto quiere decir que el contenido de agua en secciones de hoja después de la sequía ocurrida durante el ciclo vegetativo del cultivo afectó de manera diferente a los seis genotipos.

Como se indicó anteriormente, las secciones de hoja en las que se determinó el contenido de agua se obtuvieron a los 44 días de la siembra, después de 29 días sin lluvia; en los 20 días posteriores se registraron 135 mm y dio inicio el período de floración; después llovió solamente 42 mm más durante los períodos de floración y llenado de grano. La mejor respuesta en cuanto al aprovechamiento del agua, medida a través de la producción de materia seca, se obtuvo con los genotipos H-204, V-209 y Comp. Cal. 74. En

Cuadro 2. Altura de planta (cm) a diferentes días después de la siembra en seis genotipos de maíz sembrados en condiciones de temporal. Calera, Zac. 1993.

Genotipos	Días después de la siembra					
	11	14	28	42	56	70
V- 209	12.3 a	28.5 bc	38.4 c	55.3 c	78.6 abc	132 a
Comp. Cal. 74	12.4 a	32.0 ab	47.5 ab	63.6 ab	87.0 ab	133 a
Zac. 58	10.7 a	27.6 c	36.1 c	48.0 d	59.2 e	101 b
III CSFRS Zac. 58	11.1 a	30.0 bc	41.4 c	51.2 cd	77.1 bcd	133 a
H-311	10.9 a	29.6 bc	37.4 c	53.0 cd	69.2 cde	110 b
H-204	12.0 a	35.7 a	50.0 a	65.3 a	88.6 a	134 a

Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales entre sí al 95% de probabilidad según la t de Student.

Cuadro 3. Número de hojas por planta de seis genotipos de maíz del día 11 al 56 después de la siembra. Calera, Zac. 1993.

Genotipos	Días después de la siembra					
	11	14	28	42	56	
V- 209	4.0 a	4.8 a	9.0 ab	9.5 abc	12.2 bc	
Comp. Cal. 74	3.7 a	4.8 a	9.1 a	10.1 a	12.4 b	
Zac. 58	3.7 a	5.1 a	8.4 abc	9.3 d	11.0 c	
III CSFRS Zac. 58	3.7 a	4.7 a	8.2 c	8.7 d	12.7 b	
H-311	3.8 a	4.7 a	8.3 bc	9.6 ab	16.9 a	
H-204	3.9 a	4.9 a	9.1 a	9.5 abc	13.1 b	

Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales entre sí al 95% de probabilidad según la t de Student.

Cuadro 4. Area foliar (cm²) a diferentes días de las dos hojas más grandes de las plantas de seis genotipos de maíz sembrados en condiciones de temporal. Calera, Zac. 1993.

Genotipos	Días después de la siembra					
	11	14	28	42	56	70
V- 209	58 a	118 a	302 d	439 d	966 bc	996 b
Comp. Cal. 74	55 a	105 bc	385 a	569 c	873 bcd	870b bc
Zac. 58	36 b	64 d	305 d	669 b	840 cde	835 c
III CSFRS Zac. 58	38 b	69 d	314 cd	561 c	705 e	765 c
H-311	50 a	111 ab	364 abc	678 b	1285 a	1434 a
H-204	53 a	94 c	384 ab	794 a	1019 b	1020 b

Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales entre sí al 95% de probabilidad según la t de Student.

Cuadro 5. Contenidos porcentuales de agua y materia seca en secciones de hoja y materia seca a la cosecha de seis genotipos de maíz sembrados en condiciones de temporal. Calera, Zac. 1993.

Genotipos	Agua (%)		M.S.		M.S. en cosecha (g planta ⁻¹)
V-209	97.593	a	2.407	b	100.30
Comp. Cal 74	97.180	a	2.920	b	101.50
Zac. 58	97.624	a	2.376	b	63.65
III CSFRS Zac. 58	97.640	a	2.360	b	93.50
H-311	96.045	b	3.355	a	---
H-204	97.152	a	2.848	b	110.40

M.S.=materia seca.

Valores con la misma letra dentro de columnas son iguales entre sí al 95% de probabilidad según la t de Student.

relación con estos resultados Gutiérrez y Luna (1989 y 1990) reportaron que la variedad V-209 produce mayor cantidad de grano por unidad de agua de lluvia que el Comp. Cal. 74.

CONCLUSIONES

1. La variedad V-209 emergió y formó área foliar más rápidamente que el Comp. Cal. 74; al disponer de humedad los dos genotipos se desarrollaron de manera similar; sin embargo, al registrarse sequía la V-209 tuvo un menor crecimiento y una menor área foliar que el Comp. Cal. 74, pero al final ambas variedades mostraron valores similares para las variables altura de planta, área foliar y número de hojas.
2. Los genotipos Zac. 58 y III CSFRS Zac. 58 mostraron un comportamiento similar en cuanto a emergencia y número de hojas hasta los 14 días de la siembra, y de crecimiento hasta los 28 días. Al final el III CSFRS Zac. 58 mostró mayor altura de planta y número de hojas que Zac. 58, y mayor área foliar.
3. De los maíces precoces, el H-204 tuvo los mayores valores desde los 14 días de la siembra en todas las variables, excepto en emergencia.
4. El H-311, incluido como referencia, emergió más tardíamente, su crecimiento fue más lento que el resto de los maíces, y el número de hojas fue similar al de los demás materiales desde el principio hasta los 49 días de

la siembra. A partir de los 56 días de la siembra el área foliar comenzó a ser notoriamente mayor que la del resto de los genotipos.

5. Después de un período de 29 días sin lluvia el contenido de agua y de materia seca en secciones de hoja fue igual en los cinco genotipos precoces, y superior a H-311.
6. En cuanto a producción de materia seca a la cosecha no se observaron diferencias entre el Comp. Cal. 74 y su derivado V-209, ni entre Zac. 58 y su derivado III CSFRS, Zac. 56 los dos últimos produjeron en promedio menor cantidad de materia seca que los dos primeros.
7. De acuerdo con lo expuesto anteriormente se concluye que la selección en el Comp. Cal. 74 y Zac. 58 influyó en algunas características morfológicas.

LITERATURA CITADA

- Blum, A. 1996. Constitutive traits and plants performance under drought stress. *In*: Symposium Developing Drought and Low-Nitrogen Tolerant Maize. El Batán, Texcoco, Edo. de Méx., México, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. p. 1.
- Bolaños, J.; Edmeades, G. O. and Martínez, L. 1993. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. III. Responses in drought-adaptative physiological and morphological traits. *Field Crops Res.* 31:269-286.
- Castro R., V. M. 1982. Relative drought resistance among selections of mexican highland maize. M. Sc. Thesis. Ontario, Canada, Univ. of Guelph. 85 p.
- Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte Centro (CIANOC). 1986. Resúmenes de investigación CIANOC: maíz 1984. Calera, Zac., México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. 50 p. (Resúmenes de Investigación CIANOC Núm. 30).
- Cortez N., J. R. 1981. Selección recurrente para tolerancia a sequía en el compuesto de maíz Calera 74. Tesis de maestría. Buenavista, Saltillo, Coah., México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 97 p.
- Duncan, W. G. and Hesketh, J. D. 1968. Net photosynthetic rates, relative leaf growth rates, and leaf numbers of 22 races of maize grown at eight temperatures. *Crop Sci.* 8:670-674.

- Francis, C. A. 1975. Fotosíntesis en maíz. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. 71 p.
- Gómez H., M. E. 1995. Estudio de la velocidad de germinación y crecimiento de variedades de maíz (*Zea mays* L.) de diferente ciclo vegetativo. Tesis de licenciatura. Chapingo, Edo. de Méx., México, Universidad Autónoma Chapingo. 72 p.
- Gutiérrez S., J. R. y Luna F., M. 1989. Selecciones para resistencia a sequía en un compuesto de maíz en Zacatecas. *Revista Fitotecnia Mexicana* 12(2): 94-104.
- Gutiérrez S., J. R. y Luna F., M. 1990. Selección familiar combinada bajo riego-sequía y los componentes de rendimiento de un maíz precoz. *In: XIII Congreso Nacional de Fitogenética. Resúmenes. Cd. Juárez, Chih., México. Sociedad Mexicana de Fitogenética.* p. 349.
- Gutiérrez S., J. R. y Luna F., M. 1990a. Frecuencia estomática y transpiración en maíces seleccionados para resistencia a sequía. *In: XIII Congreso Nacional de Fitogenética. Resúmenes. Cd. Juárez, Chih., México. Sociedad Mexicana de Fitogenética.* p. 297.
- Hurd, E. A. 1971. Can inbreed for drought resistance? *In: Drought injury and resistance in crops. CSSA. Madison, Wis., U.S.A.* p. 77-88. (Special Publication 2).
- Luna F., M. y Zapata A., R. J. 1988. Investigaciones de maíz en el CIANOC: marco de referencia. Pabellón, Ags., México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte Centro. 40 p. (Publicación Especial Núm. 11).
- Luna F., M. y Gutiérrez S., J. R. 1990. Relación entre el clima y el rendimiento de maíz de temporal en Zacatecas. *Revista Fitotecnia Mexicana* 13 (2): 104-116.
- Luna F., M. 1993. Mejoramiento genético de maíz para condiciones adversas. *In: I Simposium Internacional y IV Nacional "El maíz en la década de los 90". Zapopan, Jal., México.* p. 161-170.
- Ortiz V., M. 1990. Datos climatológicos del estado de Zacatecas. Calera, Zac., México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 134 p.
- Palmeros A., A. 1985. Tolerancia a la sequía en variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) de cuatro sistemas de producción de cosechas en el altiplano potosino. Tesis de licenciatura. Córdoba, Ver., México, Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas. 72 p.
- Palmer A., F. E.; Francis, C.A. and Rutger, J. N. 1969. A rapid method for plant leaf area estimation in maize. *Crop Sci.* 9:537-539.
- Parmar, M. T. and Moore, R. P. 1966. Effects of simulated drought by polyethylene glycol on corn (*Zea mays* L.) germination and seedling development. *Agron. J.* 58:391-392.
- Peña R., A. 1981. Comportamiento de maíces mejorados bajo diversas metodologías y criterios de selección bajo condiciones de temporal. Tesis de maestría. Guadalajara, Jal., México, Universidad de Guadalajara. 77 p.
- Rosa-I., M. de la; Leon C., H. de and Maiti, R. K. 1996. Genotypic variability in maize cultivars (*Zeamays* L.) for resistance to drought and salinity at the seedling stage. *In: Symposium Developing Drought and Low-Nitrogen Tolerant Maize. El Batán, Texcoco, Edo. de Méx., México, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.* p. 1-15.
- Sánchez S., C. 1963. Algunas diferencias morfológicas en los entrenudos del maíz latente y maíces susceptibles sometidos a sequía. Tesis de licenciatura. Chapingo, Edo. de Méx., México, Escuela Nacional de Agricultura. 77 p.
- Valdez G., J. A. 1976. Evaluación del método de selección de semillas de maíz (*Zea mays* L.) germinadas en una solución de sacarosa bajo condiciones de laboratorio y campo para la obtención de selecciones tolerantes a la sequía. Tesis de maestría. Monterrey, N. L., México, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. 134 p.
- Vázquez R., F. 1992. Germinación bajo presión osmótica alta para seleccionar plantas resistentes a sequía en maíz. Tesis de licenciatura. Chapingo, Edo. de Méx., México, Universidad Autónoma Chapingo. 126 p.
- Williams, T. V.; Snell, R. S. and Ellis, J. F. 1967. Methods of measuring drought tolerance in corn. *Crop Sci.* 7:179-182.

Zapata A., R. J. y Luna F., M. 1989. Investigaciones de maíz en el CIANOC. Resultados y Avances hasta 1985. Calera, Zac., México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte Centro. 80 p. (Publicación Especial Núm. 2).