

Perspectivas del sorgo de grano de temporal en la región templada semiárida de México¹

J R. Gutiérrez S. *, M. Luna F. *

ABSTRACT

In the dry regions of the Mexico highlands, agricultural productivity is limited in each month by different factors: Rainfall is low (300 - 500 mm), with an irregular distribution; temperatures are lower than 18° C; and there is a short growing season (90 - 110 days). In general, sorghum cultivars tested under rainfed conditions and altitudes from 2000 to 2200 meters above sea level do not produce grain. In 1986 and 1987, at Zacatecas, Mexico, 17 new sorghum cultivars were tested under rainfed conditions. In 1986, a notably dry year (368 mm), only the cultivar VA-110, produced grain (460 kg/ha). On the other hand, in 1987, a year with good precipitation (576 mm), the average grain yield was 1585 kg/ha for the best cultivars. Sorghum breeding has been efficient in increasing potential productivity for highland areas with low temperatures, and without soil moisture limitations; however, a new approach is needed to obtain drought-stress-resistant cultivars appropriate to the arid and semi-arid growing conditions of the Zacatecas highlands.

RESUMEN

Los problemas agrícolas de la región templada semiárida de México, son principalmente de tipo climático; las precipitaciones son escasas y mal distribuidas (300 - 500 mm); las temperaturas son bajas (menos de 18° C) y el ciclo de cultivo es corto (90 - 110 días). En general, los sorgos probados bajo temporal en esta zona de 2000 a 2200 msnm, no producen grano, debido a las bajas temperaturas y corto ciclo de cultivo. En 1986 y 1987, en Zacatecas, México, se probaron nuevas variedades de sorgo bajo temporal. Se observó que en 1986, "año seco" (368 mm), solamente sobresalió la variedad VA-110 (460 kg/ha), generada para estos ambientes; en 1987, con buena lluvia (576 mm), las variedades probadas rindieron en promedio 1585 kg/ha de grano. El mejoramiento genético del sorgo, aplicado a los materiales probados ha mostrado ser eficaz para aumentar su potencial productivo en valles altos con bajas temperaturas y sin limitaciones de agua; sin embargo se requiere un enfoque hacia la obtención de genótipos más precoces y tolerantes a la sequía para la región templada semiárida de Zacatecas, México, y áreas similares.

Palabras clave: *Sorghum bicolor*, temporal, valles altos, México.

INTRODUCCIÓN

El Estado de Zacatecas se ubica en la región templada semiárida y árida de México. Se caracteriza porque su área agrícola se localiza entre 1900 y 2200 msnm, una precipitación escasa y mal distribuida, entre 300 y 550 mm anuales, con 45% al 21 de junio al 15 de agosto, 30% del 16 de agosto al 30 de septiembre y 25% el resto del año. Las temperaturas son bajas, entre 14° C y 18° C en promedio y con alto riesgo de heladas del 20 de octubre en adelante; esto causa que el ciclo de cultivo de temporal no rebase los 90 a 110 días y se disponga de pocas unidades de calor. Los suelos son de poca profundidad, la mayoría con menos de 50 cm, bajo contenido de materia orgánica, en general, menos del 1% con problemas de erosión y baja capacidad de retención de humedad.

El cultivo del sorgo para grano de temporal en las condiciones anotadas, es nulo en México; los cultivos más importantes son el maíz y el frijol con 1.5 millones de hectáreas. Se han buscado otras posibilidades de cultivo, razón por la cual se han probado variedades de sorgo, pero hasta la fecha no se ha detectado alguna que compita en productividad con el frijol y el maíz.

El objetivo del presente trabajo es informar sobre pruebas de sorgo de grano bajo temporal, realizadas en el altiplano de Zacatecas, Méx., con genótipos mejorados para los valles altos.

REVISIÓN DE LITERATURA

En el altiplano de Zacatecas predominan los climas BS₁ y BS₀, hw ó kw (García 1973). El período libre de heladas, en general, comprende de abril a mediados de octubre y las lluvias se establecen desde la última decena de junio a la última de julio; lo que

¹ Recibido el 1 de diciembre de 1995.

* Investigadores de Maíz y Sorgo, INIFAP-ZACATECAS-SARH. Apartado Postal 18, Calera, Zacatecas, Méx. 98500.

ocasiona que el período agrícola de temporal sea de 90 a 110 días (Luna *et al.* 1983; Ortiz y Ruiz 1987).

La temperatura es uno de los factores principales en la determinación de las áreas de adaptación del sorgo, considerando su origen tropical. En los valles altos de México (1800 - 2400 msnm), las temperaturas bajas son el factor limitante por su influencia negativa en el desarrollo del cultivo (Corral 1986).

Ortiz y Caballo (1972) concluyeron que a 2240 m de altitud, la nula formación de grano en genotipos susceptibles a bajas temperaturas, se debe al efecto de éstas en etapas anteriores a la emergencia de la panoja.

Los requerimientos de temperatura en la germinación y el crecimiento general para el sorgo de grano, no son satisfechos en las condiciones de los valles altos de México, según lo señalan Pinthus y Rosenblum (1961). Brookin (1976) encontró que las temperaturas nocturnas de 10° C durante la meiosis, pueden introducir esterilidad masculina en sorgo; esto fue llamado por Ortiz y Caballo (1972) como "androesterilidad ecológica" e indican que es ocasionada por temperaturas de 8° C, la cual provoca una microsporogenesis anormal y generación de granos de polen inmaduros.

Corral (1986) apunta que, en 1973, se implementó un amplio programa de mejoramiento de sorgo para los valles altos, producto de lo cual, en 1992, se liberó la variedad VA-110. En 1984 se reenforzó el programa para llevar a cabo, en forma coordinada, el proceso de selección-evaluación en los diferentes campos experimentales de los valles altos, con ámbito nacional.

Romo *et al.* (1981) señalan que, en 1977, el ICRISAT formó un programa regional con sede en México, con el fin de establecer genotipos de sorgo tolerantes al frío y con buena calidad de grano, para la alimentación humana. En 1983, dicho programa tenía alrededor de 20 líneas avanzadas de grano blanco para su evaluación.

Es muy probable que en la región semiárida de altura de México, el rendimiento de grano de maíz sea superior al sorgo de grano bajo temporal (Luna 1984), a pesar de lo cual no se ha hecho uso del potencial genético del sorgo en cuanto a resistencia a la sequía

y precocidad para su cultivo en zonas áridas y semiáridas (Wong *et al.* 1983).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los trabajos se establecieron en el Campo Experimental Calera (CECAL) del INIFAP-SARH, en Calera, Zacatecas, Méx., a los 22° 54' 34" N, 102° 39' 33" W y 2197 msnm; los suelos tienen textura de migajón arcillo-arenoso; menos del 1% de materia orgánica y baja fertilidad. Algunos datos sobre el clima se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Parámetros climáticos del sitio de estudio.

Temperatura media anual (°C)	14.3
Temperatura máxima promedio (°C)	21.9
Temperatura mínima promedio (°C)	6.8
Evaporación anual (mm)	2412.9
Precipitación anual (mm)	447.0
Días con heladas	34.0

Fuente: Banco de datos del CECAL; promedios de 17 años.

Durante el período de 1982-1987, se establecieron bajo temporal ensayos de adaptación de materiales de sorgo de grano, generados por el Programa de Sorgo para Valles Altos y del ICRISAT. De los ensayos sembrados sólo se lograron cosechar dos, establecidos en 1986, y uno, en 1987; el resto se perdió por sequía (Luna 1984). En 1986 y 1987, se evaluaron siete líneas avanzadas del proyecto "Introducciones y Selecciones (EVAIS)" y, en 1987, se evaluaron, además, 12 líneas de sorgo de grano blanco sobresalientes en laboratorio; en los trabajos de ambos años se incluyó como testigo la variedad VA-110.

En los dos años de prueba, la fecha de siembra fue el primero de julio y, en los tres trabajos, el diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones; la parcela experimental fue de dos surcos de 5.0 m de largo, separados a 0.62 m; con una planta cada 0.10 m; y fertilización a la siembra con la fórmula 40-40-00. Las variables medidas fueron: precipitación pluvial, temperatura, días a 50% de antesis y rendimiento de grano en kilogramos por hectárea al 12% de humedad; se efectuaron análisis de variancia del rendimiento de grano y comparación de medias mediante el método de Duncan ($P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Figs. 1 y 2 se presentan las precipitaciones pluviales y las temperaturas máxima y mínima, registradas en los dos años de prueba; se puede apreciar que, en 1986, la precipitación fue escasa (347 mm) y mal distribuida, con etapas de sequía en agosto y septiembre (Fig. 1). Esta última coincidió con los períodos de prefloración, floración y llenado de grano. Las temperaturas medias máximas oscilaron entre 21° C y 27° C y las mínimas entre el 10 y el 13

de julio hasta el 20 de octubre, cuando prácticamente el cultivo temporalero cumple su ciclo de desarrollo.

En 1987, la precipitación fue mayor que en 1986 (459 mm) y con una distribución más regular, aunque no se registraron lluvias durante el llenado de grano (Fig. 2). Las temperaturas medias máximas oscilaron entre 20° C y 27° C desde julio a octubre, y las mínimas previas a la floración entre 12° C y 14° C; pero, durante la floración y el llenado de grano, descendieron a un rango entre 5° C y 12 grados centígrados.

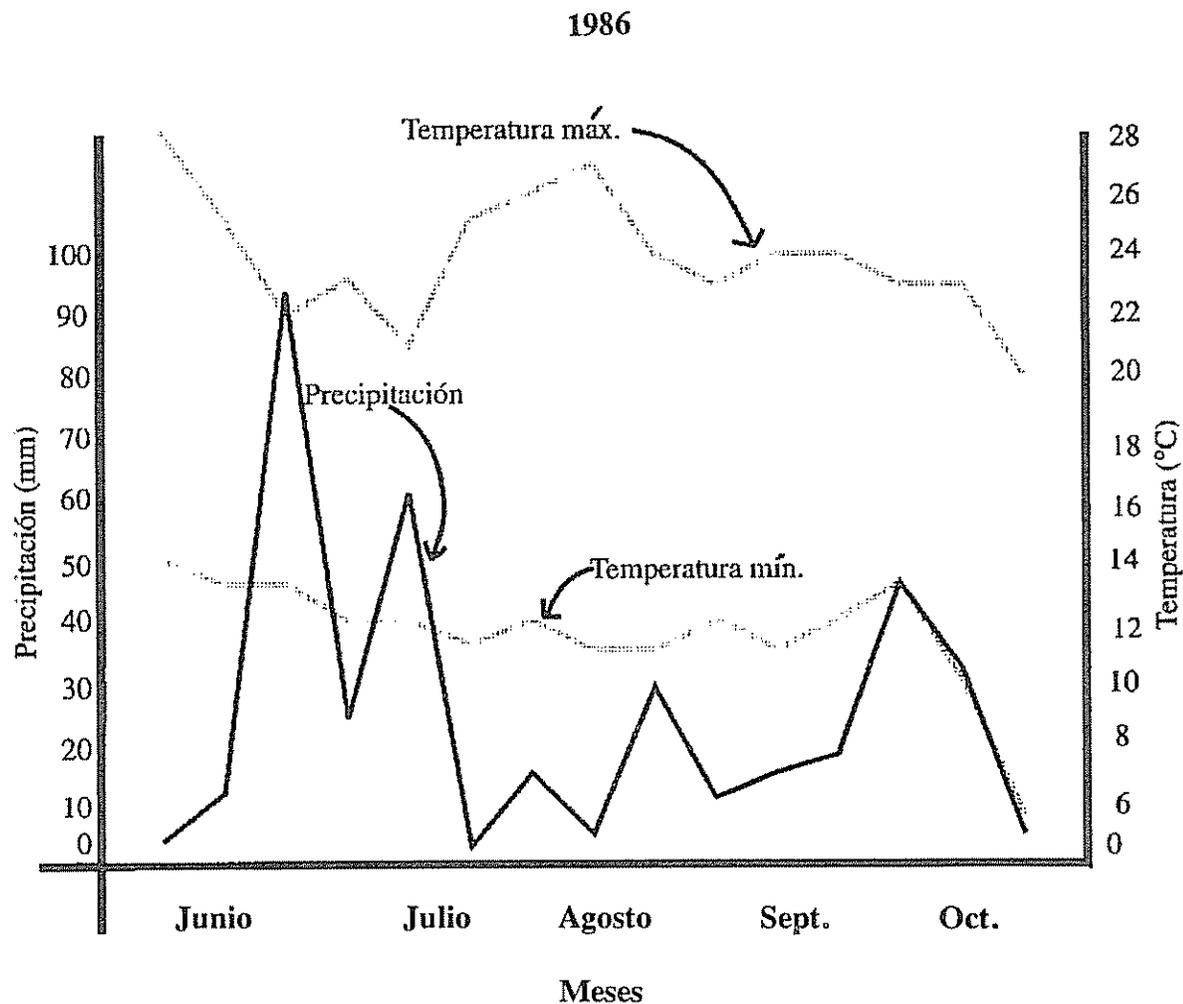


Fig. 1. Temperaturas máxima y mínima y precipitación media decenal de junio a octubre de 1986 en Calera, Zacatecas, Méx.

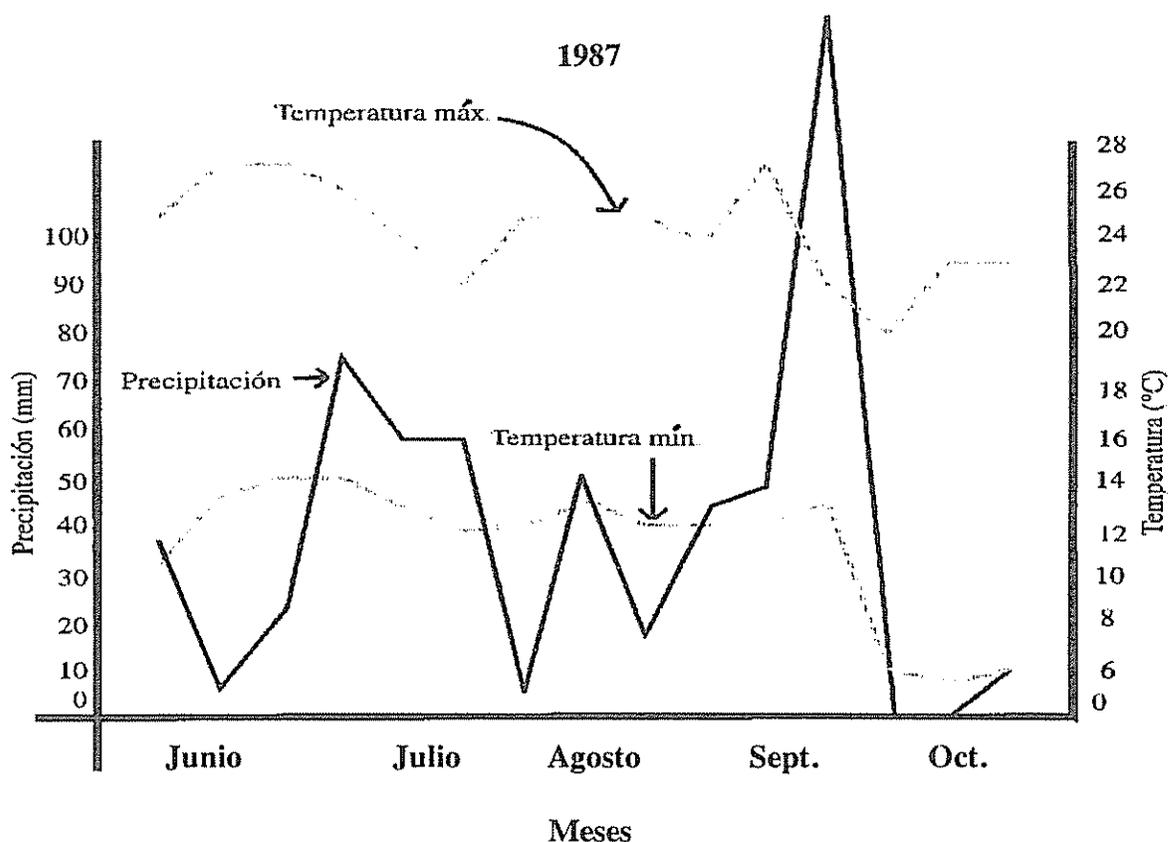


Fig. 2. Temperaturas máxima y mínima y precipitación media decenal de junio a octubre de 1987 en Calera, Zacatecas, Méx.

En el Cuadro 2 se presentan las medias de rendimiento y los días a floración de los ensayos de líneas avanzadas (EVAIS) en los dos años de prueba y, en el Cuadro 3, el ensayo de sorgos de grano blanco sobresaliente en laboratorio. Se puede observar que, en 1986 (Cuadro 2), solamente produjeron grano tres genótipos, con un promedio de 190 kg/ha; de los sorgos blancos, solamente uno produjo grano; en los dos experimentos sobresalió la variedad VA-110, con menos de 500 kg por hectárea. En 1987, el promedio de rendimiento superó los 1500 kg/ha; sobresalieron las variedades: 17, IC/CI 8 e IC/CI 4, con 2300, 1800 y 1700 kg/ha, respectivamente. El promedio de días a floración de los materiales probados en ambos años fue de 85 días, con un rango de 81 a 94 días.

Por las condiciones climáticas registradas en 1986 (Fig. 1b) que comprendieron períodos de sequía en

prefloración, floración y llenado de grano, así como las bajas temperaturas, y por los nulos rendimientos de la mayoría de los genótipos y muy bajos en tres de ellos, puede pensarse que el sorgo VA-110 desarrolla mecanismos de adaptación a la sequía y a las bajas temperaturas, que le permiten formar grano y producirlo en mucha mayor magnitud que los otros probados (González 1982; Kramer 1974; Maximov 1952). Este comportamiento confirma la eficiencia del método bajo el que se desarrolló esta variedad, con temperaturas bajas y sequía en floración (Corral 1986).

En 1987, la mayor cantidad de lluvia y su mejor distribución (Fig. 1b) contribuyeron a la óptima manifestación del potencial de rendimiento de los materiales probados; además, la temperatura previa a la floración se mantuvo arriba de 12° C que, de acuerdo con Ortiz y Caballo (1972) y Brookin (1976),

fue una condición favorable y decisiva para la obtención de mayor producción de grano.

El mejoramiento genético ha mostrado ser eficiente para incrementar el potencial de producción de las variedades, aun con bajas temperaturas, siempre y cuando no haya limitantes en cuanto a la precipitación pluvial.

Apenas hace pocos años se comenzaron a investigar las causas que no permiten que el sorgo

desarrolle fisiológicamente con normalidad en los valles altos (Livera 1979); esta etapa fue superada (Romo y Caballo 1981), así como la posibilidad de generar genótipos que produzcan grano de manera redituable en los valles altos de la Mesa Central; sin embargo, es necesario explorar el germoplasma necesario de sorgo para generar genótipos más precoces y tolerantes a la sequía que los actuales (Luna 1984), si se desean obtener variedades para siembras de temporal en la región árida y semiárida de altura en Zacatecas.

Cuadro 2. Rendimiento (kg/ha) y días a floración de líneas avanzadas de sorgo de grano en los valles altos de México (EVAIS), probadas bajo temporal en Calera, Zacatecas, Méx. (1986 y 1987).

Genealogía	Rendimiento 1986	(kg/ha) 1987	Días a floración
BTP-28	0	2 328a	81
IC/CI 1	0	1 130	86
IC/CI 3	0	1 696a	82
IC/CI 4	0	1 880a	83
IC/CI 8	90	962	89
IC/CI 15	0	*	89
VAR-17	34	2 333a	83
VA-110	447a	1 192	85
77CS866-IX76BTP139-1	*	1 449	84
76BTP9XCyF ₉ -3-10	*	1 295	86
X	190**	1 585	85

Nota: Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según Duncan ($P < 0.05$); * no se evaluaron ese año; ** de las tres que produjeron grano.

Cuadro 3. Rendimiento (kg/ha) y días a floración de líneas de sorgo blanco en laboratorio, probadas bajo temporal en Calera, Zacatecas, Méx. (1986).

Genealogía	Rendimiento (kg/ha)	Días a floración
SoCB54-7PL-3X-M2X'S-2X-M2X'S-M2X'S	-	94
Gr. BI BETUN 81-51-PL-IX-M2X-M2X'S	-	82
Gr. BI BETUN 81-51-PL-IX-M2PL-M2X'S	-	79
SoCB9-186-IX-M2X'S-3X-M2X'S-M2X'2	-	85
SoCB82-5PL-4X-IX-M2X'S-M2X'2	-	77
SoCB98-2PL-2X-M2X'S-2X'S-M2X'S-M2	-	87
SoCB123-5X-IX-M2X'S-R12X'S	-	81
(P74 A5-443XMAN-64)5PL-IX-IX-M2X'S-M2X'S	-	80
(P74 A5-338XMAN64-4PL-IX)X(COMP.PREC.3)F2M2X'S-6X-IX-M2X'SM2X'S	-	87
(P74 A5-338XMAN64-4PL-IX)X(COMP.PREC.3)F2M2X'S-8PL-2PL-M2X'S	-	85
(TL79476-27XXCOM.PREC.4)F2-M2X'S-IPL-IX-M2X'S-M2X'S	127	92
SAJ875XCT-37-1XCOMP.PREC.N°4)F2-M2PL-IX-IX-M2X'S-M2X'S	-	86
VA-110 M2-PL	497	83

CONCLUSIONES

De los materiales generados por el Programa de Mejoramiento Genético de Sorgo de Valles Altos, sobresalió, en un año seco, la variedad VA-110, pero con un rendimiento de grano aún modesto.

En años con condiciones favorables de lluvia, los sorgos probados rindieron en promedio 1585 kg/ha, lo cual se considera positivo ante la opción de tener un cultivo para siembras de temporal en Zacatecas.

El mejoramiento genético realizado en sorgo de grano ha mostrado ser eficaz para elevar su adaptabilidad en los valles altos con un rendimiento en bajas temperaturas.

Se requiere la obtención de genótipos de sorgo más precoces y tolerantes a la sequía que los actuales,

para generar variedades aún más productivas y estables en su comportamiento en el Altiplano de Zacatecas y áreas similares en condiciones ecológicas.

LITERATURA CITADA

- BROOKIN, I.R. 1976. Male sterility in *Sorghum bicolor* (L.) Moench induced by low-night temperature. I. Timing of the stage sensitivity. Australian Journal Plant of Physiology 3:589-596.
- CORRAL D, B. 1986. Problemática del cultivo del sorgo en valles altos. In Reunión Nacional sobre Sorgo (2., Sinaloa, Méx.). Memorias. Escuela Superior de Agricultura, UAS, Culiacán. p. 472-480.
- GARCÍA, E. 1973. Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Méx., UNAM, Instituto de Geografía.
- GONZÁLEZ H., V.M. 1982. Sorghum responses to high temperature and water stress imposed during panicle development. Tesis Ph.D. University of Nebraska.

- KRAMER, P.J. 1974. Relaciones hídricas de suelos y plantas. L. Tejada (Trad.) Méx., Limusa.
- LIVERA M., M. 1979. Adaptación y adaptabilidad de genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) tolerantes al frío. Tesis M.C. Chapingo, Méx., Colegio de Postgraduados.
- LUNA F., M.; R. WONG R., R.; GUTIÉRREZ, S.; LÓPEZ M., L. 1983. Condiciones termopluvio-métricas limitativas bajo las que se cultiva maíz de temporal en Durango. In Congreso Nacional de Fitogenética. (8). Memorias. Michoacán, Méx., Uruapan, SOMEFI.
- LUNA F., M. 1984. Potencial del sorgo para grano en el CIANOC. In Reunión Nacional sobre Sorgo (I.). Memorias. Marín, N.L., Méx., UANL., Facultad de Agronomía.
- MAXIMOV, N.A. 1952. Fisiología vegetal. 2a ed. A.T. Hunziker (Trad.). Buenos Aires, ACME.
- ORTIZ C., J.; CABALLO C., A. 1972. La problemática del mejoramiento del sorgo para los valles altos de México. In Simposio Interamericano de Sorgo (I.). Anais. Brasilia, Bra. p. 74-85.
- ORTIZ V., M.; RUIZ V., J. 1987. Climatología aplicada: Curso de orientación para aspirantes a investigadores del INIFAP-SARH. Calera, Zacatecas, Méx. 262 p.
- PINTHUS, M.J.; ROSENBLUM, J. 1961. Germination and seedling emergence of sorghum at low temperatures. Crop Science 1:293-296.
- ROMO C., E.; CABALLO C., A. 1981. Valles Altos 110, 120 y 130: Nuevas variedades de sorgo para grano para los valles altos de México. Chapingo, Méx., CIAMEC-INIA-SARH. Folletos Técnicos no. 1, 2 y 3.
- ROMO C., E.; RODRÍGUEZ G., E.; PAUL, C.L. 1984. Sorgo para los valles altos de México. In Reunión Nacional sobre Sorgo (I.). Memorias. Marín, N.L., Méx., Facultad de Agronomía, UANL.
- WONG, R.R.; MUÑOZ O., A.; MENDOZA O., L.E. 1983. Efecto de la sequía sobre características vegetativas, reproductivas y eficiencia en variedades de sorgo. Agrociencia 51:101-114.