

EFFECTO DE LA PRECIPITACION PLUVIAL EN TRES ETAPAS FENOLOGICAS DEL MAIZ EN LOS LLANOS DE DURANGO

Alfonso Peña Ramos¹ y
José R. Cortés Navarrete²

RESUMEN

Con el objeto de conocer el efecto de la precipitación pluvial sobre el desarrollo del maíz (*Zea mays* L.) en Los Llanos de Durango, se estudiaron tres variedades mejoradas de diferente ciclo biológico (precoz, intermedia y tardía) y una variedad criolla. Estas variedades fueron evaluadas durante 10 años en 23 ensayos en tres localidades. Se obtuvieron los rendimientos de grano por variedad y la precipitación acumulada durante el ciclo y en tres etapas fenológicas. A todas se les calculó la cantidad de lluvia acumulada al 60% de probabilidad. Con los datos de rendimiento y precipitación se realizaron análisis de regresión lineal. Los rendimientos de las variedades de todos los ensayos se analizaron en un diseño de bloques al azar. Los resultados indicaron que la sequía se inicia durante la floración y se intensifica durante el llenado del grano de las variedades. La variedad precoz puede escapar a deficiencias de lluvia durante la floración y recibe más precipitación durante el llenado del grano; esto le permite asegurar más la producción cuando la cantidad de lluvia es baja, pero su potencial es pobre en ambientes con buena precipitación. La variedad intermedia, no obstante que sufre por deficiencias de lluvia durante la floración y el llenado de grano, representa una de las mejores opciones por su buen comportamiento tanto con precipitaciones bajas como altas. La variedad tardía presenta las mejores respuestas sólo con precipitaciones altas, pero éstas ocurren con una probabilidad menor al 60%. El mejoramiento genético ha mostrado ser eficiente para incrementar el potencial de las variedades al compararse con el maíz criollo.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Zea mays L., Resistencia a sequía.

SUMMARY

In order to know the rainfall effect on the development of corn in Los Llanos de Durango, Mexico, three breeding cultivars of different maturity cycle (early, intermediate and late) were compared to regional cultivars. These cultivars had been evaluated throughout 10 years on 23 trials in three locations. The grain yield of each cultivar and accumulated rainfall were obtained for the whole cycle and also for three phenological stages. The amount of rainfall was calculated at 60% of probability in each stage. Linear regressions were calculated between the grain yield and rainfall. The grain yield of the cultivars in all trials was analyzed in a randomized block design. Results showed that drought

begins at the flowering stage and it is aggravated during the grain filling stage in all the cultivars. The earliest cultivar can escape the rainfall deficit during the flowering stage and received more rain during the grain filling period than the other cultivars. Therefore, the grain production of early cultivars is safer when low rainfall occurs, but their potential is low in environments of high rainfall. The intermediate cultivar, even when is affected by water deficits during flowering and grain filling stages, represents a better option because its response is better in low and in high amounts of rainfall. The late cultivar is the best option only under a high rainfall, but this condition happens with a probability lower than 60%. Then plant breeding was efficient to increase the productivity of cultivars in this region.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Zea mays L., Drought resistance.

INTRODUCCION

En el Estado de Durango la superficie que se siembra con maíz de temporal es de aproximadamente 160 mil hectáreas, de las cuales 45 mil corresponden a la región de Los Llanos. Esta región se caracteriza por tener condiciones poco favorables para el desarrollo del maíz. La precipitación media durante el ciclo es de 350 mm y su distribución en términos generales es mala. La situación anterior ocasiona que el maíz produzca rendimientos inferiores a 600 kg/ha (Osuna, 1983) y que se pierda gran parte de la superficie sembrada en años con sequías severas, tales como las de 1979 y 1982.

Con base en la problemática descrita, el Programa de Maíz del Campo Agrícola Experimental Valle de Guadiana del INIFAP en Durango, desde el año 1975 orientó sus investigaciones a la generación de variedades de maíz más resistentes a la sequía, considerando *a priori* que las deficiencias de agua que ocurren durante la floración son las que más afectan el rendimiento del cultivo. Si bien se ha logrado avanzar en el citado proceso de mejoramiento, también se ha determinado que la consistencia no ha sido la deseada (Gutiérrez, 1986). Se piensa que para encausar mejor tal programa es necesario hacer un estudio más completo sobre el ambiente que prevalece en la región y su relación con el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz.

El presente artículo tiene por objetivo determinar las etapas de desarrollo del maíz más afectadas por deficiencias de precipitación pluvial y definir en forma preliminar el grado de precocidad adecuado para las condiciones de precipitación de Los Llanos

¹ Investigador del Programa de Maíz del CIFAP, Ags.

² Ex Investigador del Programa de Maíz "Valle del Guadiana" Durango CIANOC-INIA. Actualmente Profesor en el ITA. Pozo Ibarra, Mpio. de Santiago Ixcuintla, Nay.

de Durango.

REVISION DE LITERATURA

Es importante, antes de iniciar cualquier programa de mejoramiento genético para resistencia a sequía, definir primero la sequía y con base en ello establecer las estrategias de mejoramiento más adecuadas. Fischer *et al.* (1983) y Kassam *et al.*, citado por Fischer *et al.* (1983), realizaron trabajos de esta naturaleza en zonas tropicales.

Una de las maneras para determinar el tipo de ambiente que prevalece en una región determinada es conociendo los efectos que éste ocasiona sobre el desarrollo de las plantas. Muchos investigadores coinciden en que la sequía durante la floración del maíz puede tener un efecto más marcado sobre el rendimiento de grano que en otras etapas del desarrollo (Denmeady y Shaw, 1960; Volodarskij y Zinevic, 1960; Shaw, 1977); sin embargo, Coligado *et al.* (1963) determinaron que la mayor reducción del rendimiento en maíz ocurrió cuando la deficiencia de humedad sucedió justo después de la floración. En relación a deficiencias de humedad severas durante la etapa vegetativa, se ha encontrado que éstas reducen el rendimiento del material vegetativo pero no el rendimiento de grano (Volodarskij y Zinevic, 1960).

La producción del maíz depende también de la intensidad de la sequía; por ejemplo, Robins y Domingo (1953) mencionan que una deficiencia de humedad durante la floración por períodos de uno o dos días reducen el rendimiento en un 22%, mientras que períodos de seis a ocho días lo disminuyen cerca de un 50%.

El efecto de la sequía sobre el rendimiento del maíz en cierta etapa de desarrollo puede diferir con la variedad. Barnes y Woolley (1969) determinaron que un híbrido de maíz cuatero fue más tolerante a la sequía durante la floración y durante el llenado del grano que un híbrido de una mazorca por planta. Peña (1987) encontró también diferencias varietales a la sequía durante la floración, pero durante el llenado del grano las respuestas de las variedades estudiadas fueron similares.

En relación al uso de agua, Vázquez (1961) señala que éste es mayor en maíz durante las etapas de floración y de grano lechoso. Shaw (1977) también

encontró un resultado similar y menciona además, que durante el llenado del grano la tasa diaria de uso de agua fue positiva y altamente correlacionada con el rendimiento final del maíz. Lo anterior sugiere que las plantas de maíz incrementan sus necesidades de agua en las etapas de desarrollo más críticas.

En estudios de correlación entre el rendimiento de grano del maíz y la lluvia en diferentes etapas de desarrollo, se han encontrado coeficientes más altos y estadísticamente significativos cuando se consideran períodos de lluvia próximos a la floración (Rose, citado por Shaw, 1977). En los resultados de Runge y Odell (1958), los rendimientos fueron influenciados más marcadamente por la lluvia antes de la antesis y por la temperatura máxima durante la antesis. Por su parte, Thompson (1969) trabajando con regresión, determinó que en cinco estados de la faja maicera, aquellas cantidades de lluvia de julio (durante la floración) superiores al promedio estuvieron asociadas con rendimientos más altos; mientras que la lluvia de agosto, cuando ocurre el llenado del grano, no fue significativa.

MATERIALES Y METODOS

Durante los años de 1977 a 1986 se establecieron, bajo condiciones de temporal, 23 experimentos de evaluación de maíces para el Comité Calificador de Variedades de Plantas, en tres localidades de la región de Los Llanos de Durango: Francisco I. Madero, Ignacio Allende y Guadalupe Victoria. En Madero se establecieron diez experimentos (uno cada año), en Ignacio Allende siete y en Guadalupe Victoria seis.

De los experimentos realizados se obtuvo información de cuatro variedades de maíz sobre su rendimiento de grano y ciclo biológico. Estas variedades fueron: H-221 de ciclo tardío (120 días), VS-201 y Criollo local de ciclo intermedio (112 y 109 días respectivamente) y VS-202 de ciclo precoz (103 días).

En cada una de las variedades se obtuvo por localidad y año las fechas de siembra y días a 50% de antesis. Se estimaron los días a madurez fisiológica multiplicando los días a antesis por el factor 1.67, de acuerdo a información verbal del Dr. Víctor Castro Robles. Con base en estos datos se estimaron tres etapas fenológicas para cada

variedad, siendo éstas la etapa vegetativa, de floración y de llenado del grano. La etapa vegetativa (EV) quedó definida por los días transcurridos de la fecha de siembra hasta ocho días antes del 50% de antesis; la etapa de floración (EF) fue de ocho días antes del 50% de antesis a ocho días después, y la etapa de llenado de grano (ELLG) correspondió a los días transcurrido después de la EF hasta la fecha promedio de madurez fisiológica.

Un dato recabado por año y localidad fue la precipitación pluvial registrada *in situ* durante el ciclo del cultivo. Con esta información se procedió a determinar los milímetros de precipitación pluvial que correspondían a cada etapa fenológica. Con estos datos se realizaron análisis de regresión lineal entre el rendimiento de cada variedad y la precipitación registrada durante el ciclo del cultivo y con la registrada durante sus respectivas etapas fenológicas. Se hicieron gráficas relacionando la precipitación pluvial y el rendimiento de grano, sólo en aquellas etapas y variedades que mostraron significancia estadística en los análisis de regresión.

También se estimó la cantidad de precipitación pluvial que podría ocurrir a un nivel de probabilidad del 60% durante la etapa de floración y de llenado del grano, así como durante el ciclo de cada variedad. Dicha estimación se hizo tomando como base la cantidad de precipitación registrada en las respectivas etapas en cada uno de los 23 ambientes de evaluación. En las etapas de floración y de llenado del grano se seleccionaron seis clases y diez clases para la precipitación durante el ciclo. En cada caso y para cada variedad, los intervalos de clase fueron iguales.

Se hizo un análisis de varianza para rendimiento de grano de las variedades, en un diseño de bloques al azar con 23 repeticiones, considerando a cada ambiente de evaluación como una repetición. La comparación de medias se hizo en base al estadístico DMSH al 0.05 de probabilidad. Se obtuvieron las varianzas para los rendimientos de las cuatro variedades y se analizaron mediante la prueba de Bartlett. La homogeneidad de varianzas se decidió mediante una prueba de χ^2 al 0.05 de probabilidad.

La precipitación pluvial promedio del ciclo del cultivo para todos los años y localidades se graficó en períodos decenales. Este procedimiento se aplicó

también separadamente para cada localidad. En cada gráfica se agregó el promedio en días del ciclo biológico y de las etapas fenológicas de cada variedad, con el objeto de representar la cantidad de precipitación pluvial correspondiente a cada etapa. El inicio del ciclo biológico de las variedades, en las gráficas, se determinó con base en el promedio de las fechas de siembra del total de las localidades consideradas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los análisis de regresión indican que no hubo asociación lineal significativa entre precipitación pluvial y rendimiento de grano durante la etapa vegetativa, en ninguna de las variedades de maíz (Cuadro 1); esto significa que la cantidad de precipitación pluvial ocurrida en Los Llanos de Durango durante la etapa vegetativa de los maíces no influye significativamente en su producción de grano. Lo anterior puede deberse a que generalmente dicha etapa está poco sujeta a deficiencias de humedad (Figura 1).

En la etapa de floración solamente la variedad VS-202 no presentó una regresión lineal significativa entre precipitación pluvial y rendimiento de grano; posiblemente su precocidad está contribuyendo a que la precipitación no tenga influencia sobre el rendimiento, ya que su floración ocurre en un período en que la cantidad promedio de lluvia es mayor (Figura 1); en esa etapa recibe 45 mm de precipitación considerando una probabilidad del 60%; en tanto que los maíces H-221, VS-201 y Criollo reciben 24, 39 y 38 mm de precipitación, respectivamente (Figura 2).

En la etapa de llenado de grano todas las variedades presentaron regresiones lineales significativas y dos de ellas (H-221 y criollo) altamente significativas. En la Figura 5 se aprecia que durante el llenado del grano, la precipitación disminuye marcadamente en las tres localidades de estudio; al respecto, debe tenerse en cuenta que esta etapa y la de floración, son las más susceptibles a deficiencias de humedad (Salter y Goode, 1967), por lo que es de esperarse que los rendimientos estarán más estrechamente relacionados con la cantidad de lluvia que precipite en estas dos etapas fenológicas.

En el Cuadro 1 también puede observarse que

existe una relación lineal altamente significativa entre la precipitación pluvial del ciclo y el rendimiento de grano, en cada uno de los genotipos; esto concuerda con los resultados de Pengra, citado por Shaw (1977), quien encontró que la lluvia estacional en Dakota del Sur estuvo altamente correlacionada con los rendimientos de maíz.

Cuadro 1. Cuadrados medios de la regresión del rendimiento de grano sobre la precipitación, coeficientes de determinación y coeficientes de regresión para la precipitación registrada en tres etapas fenológicas y durante el ciclo de cuatro variedades de maíz.

Variedad	Etapa	CM	R ²	Coefs. regr.	
				B ₀	B _x
VS-202	EV	1.02ns	0.10	1.6024	0.0036
	EF	0.88ns	0.09	1.9613	0.0043
	ELLG	2.39*	0.23	1.7578	0.0063
	Ciclo	3.84**	0.37	0.8477	0.0047
VS-201	EV	0.84ns	0.04	1.8341	0.0029
	EF	6.99**	0.36	1.6488	0.0116
	ELLG	5.33*	0.27	1.7665	0.0103
	Ciclo	8.60**	0.44	0.4555	0.0061
H-221	EV	1.40ns	0.04	1.7051	0.0037
	EF	15.33**	0.43	1.4312	0.0135
	ELLG	16.64**	0.47	1.4312	0.0221
	Ciclo	22.33**	0.63	-0.6425	0.0098
Criollo	EV	0.74ns	0.05	1.5820	0.0027
	EF	2.92*	0.20	1.6626	0.0076
	ELLG	4.56**	0.31	1.5039	0.0100
	Ciclo	6.44**	0.43	0.3170	0.0057

ns = no significativo
 * = significativo al 5% de probabilidad
 ** = significativo al 1% de probabilidad.

Sin embargo, aún los modelos significativos resultaron en general poco explicativos, dado que los coeficientes de determinación fueron de 0.20 a 0.63 (Cuadro 1) lo cual significa que de la variación total del rendimiento, sólo de un 20 a 63% es explicado por los cambios en la precipitación. El coeficiente de determinación fue mayor en la variedad más tardía (H-221) y menor en la más precoz (VS-202), y fueron más altos cuando se consideró la precipitación total del ciclo del cultivo. El ajuste relativamente bajo de los modelos puede estar relacionado con la interacción con otros factores del ambiente, tales como tipo de suelo, profundidad de suelo y temperatura, que de alguna manera influyen en la retención y conservación de agua y en los requerimientos de ésta por las plantas. Thompson (1969) determinó que en cinco estados de la faja maicera de los Estados Unidos el factor que más contribuyó a explicar

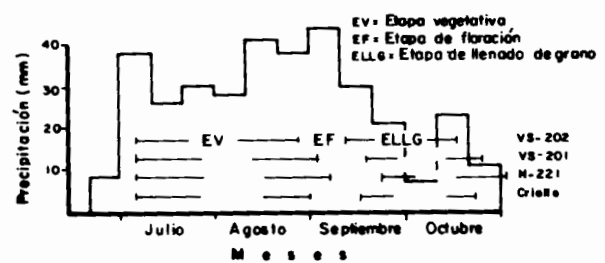


Figura 1. Precipitación pluvial media decenal de 26 ambientes de los llanos de Durango y etapas fenológicas de cuatro genotipos de maíz. Datos obtenidos durante 10 años (1977-1986).

el rendimiento fue el avance en el uso de la tecnología y le siguió en importancia la lluvia de julio, la cual coincide con la floración.

En la Figura 2 se observa que la variedad H-221 presenta la mayor respuesta al incremento de la precipitación durante la floración, la cual se manifiesta con rendimientos superiores; pero como recibe menos lluvia en esa etapa, su rendimiento no difiere del de la variedad VS-201, cuando menos en un nivel de probabilidad del 60%. La variedad criolla, aún cuando recibe una cantidad de lluvia superior al H-221, muestra rendimientos inferiores. Cabe señalar que VS-202 es la variedad que más lluvia recibe durante la floración (45 mm) al 60% de probabilidad; posiblemente por esta razón, no hay efecto significativo de la precipitación en esa época sobre su rendimiento.

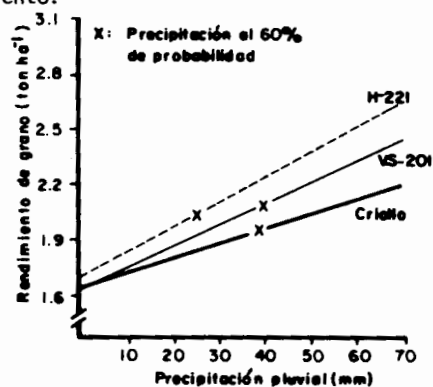


Figura 2. Influencia de la precipitación pluvial de la etapa de floración sobre el rendimiento de grano de tres variedades de maíz.

Las líneas de regresión de la Figura 3, indican que la respuesta del rendimiento al incremento de la precipitación durante el llenado del grano, está relacionada con la precocidad de la variedad; de modo que la respuesta es mayor en la variedad tardía (H-221) y menor en la precoz (VS-202). En cambio,

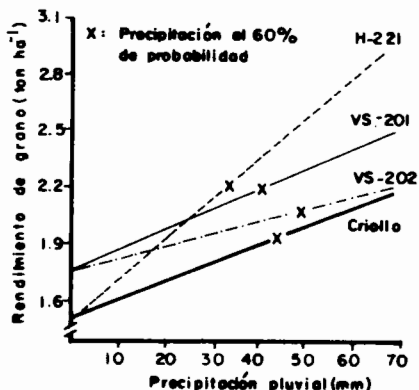


Figura 3. Influencia de la precipitación pluvial de la etapa de llenado de grano sobre el rendimiento de grano de cuatro variedades de maíz.

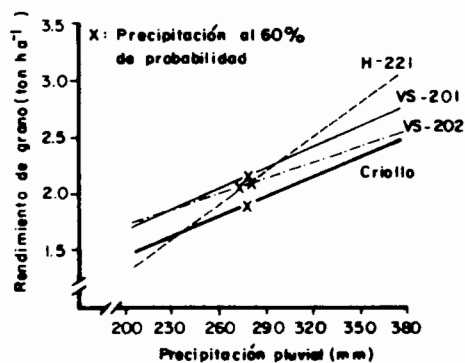


Figura 4. Influencia de la precipitación pluvial durante el ciclo del cultivo sobre el rendimiento de grano de cuatro variedades de maíz.

en cantidades bajas de lluvia el rendimiento de la variedad tardía es inferior. Es decir, que a mayor ciclo el potencial de rendimiento se incrementa, pero la expresión de ese potencial dependerá de que llueva bien durante el llenado de grano, cosa que ocurre con una probabilidad inferior al 60%.

En condiciones de baja precipitación las variedades VS-202 y VS-201 muestran respuestas mejores que las de otras variedades; por ello se deduce que son más resistentes a la sequía durante el llenado de grano. Estos resultados concuerdan con los de Barnes y Wolley (1969), quienes en esa etapa encontraron diferencias en resistencia a la sequía en dos híbridos de maíz. Cabe señalar que la variedad VS-202 sólo en condiciones de baja precipitación presenta buena respuesta; en cambio la variedad VS-201 la muestra también en condiciones de mayor precipitación.

En la Figura 3 nótese que la cantidad de lluvia al 60% de probabilidad (durante la ELLG) es mayor en la variedad precoz y menor en la tardía; sin embargo, los rendimientos de las tres variedades mejoradas son muy similares, tendiendo a ser superiores los de las variedades VS-201 y H-221 por su mayor potencial. La variedad criolla mostró siempre el peor comportamiento.

Las respuestas en rendimiento de las variedades a la precipitación durante el ciclo del cultivo (Figura 4) son muy similares a las que se presentan durante el llenado de grano (Figura 3). Esto parece indicar que lo que acontece en esta última etapa contribuye de manera preponderante al rendimiento de las variedades al final del ciclo. Puede observarse además, que la variedad VS-201 manifiesta una

buen adaptabilidad a cambios ambientales, ya que su comportamiento es sobresaliente tanto en baja como en altas cantidades de precipitación; en cambio, la variedad criolla presenta el peor comportamiento debido a su menor potencial de rendimiento.

En el Cuadro 2 se muestran los rendimientos de las cuatro variedades en estudio, en promedio de los 23 ambientes de evaluación. Se observa que no hubo diferencias significativas entre las tres variedades mejoradas y que el maíz criollo tuvo el rendimiento más bajo; estos resultados muestran que se ha logrado incrementar la eficiencia de las plantas a través del mejoramiento genético. En este mismo Cuadro 2 se anotan las varianzas correspondientes a los rendimientos de las variedades y se aprecia que al menos una varianza es diferente al 5% de probabilidad. El maíz H-221, la variedad más tardía, presentó la mayor varianza; mientras que el VS-202, la más precoz, la menor. Esto sugiere que en la región de Los Llanos de Durango las variedades de maíz tardías semejantes al H-221 manifiestan mayor inestabilidad en su rendimiento, el cual depende de la cantidad de precipitación durante el llenado del grano (Figura 3); sin embargo, este tipo de maíz puede ser una buena opción en fechas de siembra tempranas, ya que así la etapa de llenado de grano podría ocurrir en un período con mayor probabilidad de lluvia, especialmente en las localidades de Madero y Victoria, donde la precipitación promedio es mayor (Figura 5).

La menor varianza de la variedad VS-202 sugiere que posee una mayor estabilidad del rendimiento con respecto a las variaciones de precipitación, lo cual es debido, entre otras causas, a que está

Cuadro 2. Rendimiento de grano de cuatro variedades de maíz, sus varianzas y prueba de homogeneidad de varianzas.

Variedad	Rend. ^{1/} (kg/ha ⁻¹)	S ²	
H-221	2496 a	1620	Prueba de Bartlett $\chi^2_c = 48.62 > \chi^2_{\xi} = 7.81$ 0.05
VS-201	2396 ab	883	
VS-202	2226 ab	471	
Criollo	2109 b	678	

^{1/} Promedios con igual letra son similares entre sí al 5% de probabilidad; DMSH = 341 kg/ha⁻¹
 $\chi^2_c > \chi^2_{\xi}$ Se rechaza hipótesis de homogeneidad de varianzas.

menos sujeta a deficiencias de agua durante la floración (Figura 1) y a que abate menos su rendimiento cuando la precipitación declina durante el llenado de grano (Figura 3). Por lo anterior, el uso de esta variedad, o de maíces de ciclo semejante, puede representar más seguridad en la obtención de cosechas, sobre todo en localidades donde llueve menos, como es el caso de I. Allende, aunque su rendimiento puede verse limitado en las localidades más lluviosas como son Madero y Victoria, debido a su bajo potencial (Figura 5).

El rendimiento del maíz VS-201, aunque muestra mayor varianza numéricamente que la de VS-202, su respuesta a la precipitación es mejor que la mostrada por el VS-202 (Figura 4), dado que en ambientes con baja precipitación el rendimiento es similar en ambas variedades, pero en los de mayor cantidad de lluvia es mayor el rendimiento de VS-201; por esta razón, se considera que variedades de ciclo semejante a la VS-201 representan una de las mejores opciones para las condiciones de precipitación de Los Llanos de Durango.

Es importante mencionar que en la región existen otras variedades mejoradas que pueden mostrar mejores respuestas a la precipitación. Un ejemplo es el híbrido H-204 cuyo ciclo biológico es similar al de VS-202, pero el H-204 es superior tanto en ambientes con baja como con alta cantidad de lluvia; su comportamiento es incluso superior a la de la variedad intermedia VS-201 en las condiciones de esta región (Investigación de maíz en el CIANO, resultados y avances hasta 1985, en preparación). No obstante, para estas regiones temporales la adquisición y uso de híbridos resulta costoso, por lo que es conveniente la producción de variedades de polinización libre que manifiesten resistencia a la sequía. Fischer *et al.* (1984) mencionan algunas de

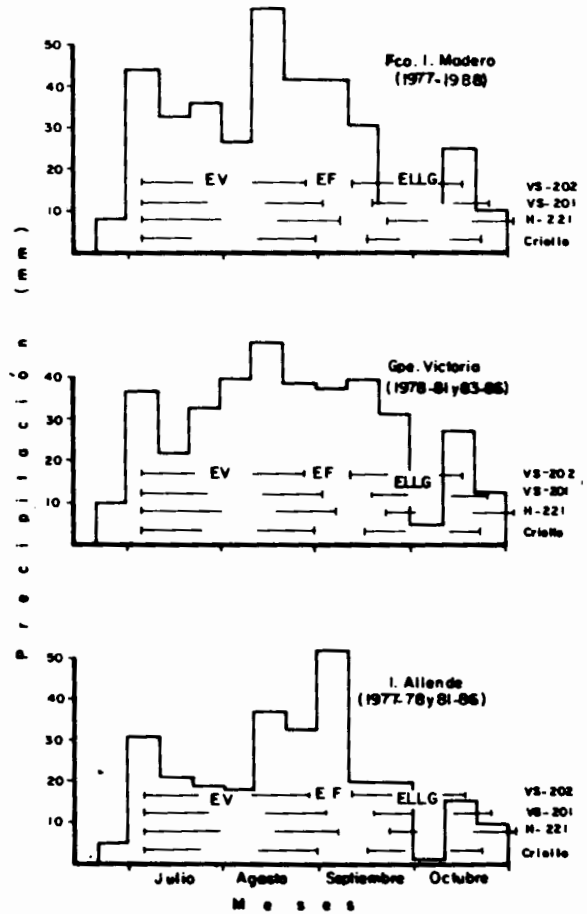


Figura 5. Precipitación pluvial media decenal en tres localidades de los llanos de Durango y etapas fenológicas de cuatro variedades de maíz. EV= Etapa vegetativa, EF= Etapa de floración y ELLG=Etapa de llenado de grano.

las estrategias a seguir en un programa de mejora genética para estas características.

CONCLUSIONES

En base a los resultados de este estudio, se concluye que en Los Llanos de Durango no existe sequía durante el período comprendido desde la siembra hasta antes de la floración del cultivo de maíz; ésta se manifiesta durante la floración y se intensifica durante el llenado del grano de las variedades.

La variedad precoz escapa a deficiencias de precipitación durante la floración y recibe más lluvia durante el llenado de grano; esto le permite asegurar producción cuando la lluvia es reducida, pero su rendimiento se ve limitado en ambientes con buena

precipitación, debido a su bajo potencial.

La variedad intermedia, no obstante que sufre por deficiencias de lluvia durante la floración y el llenado de grano, representa una de las mejores opciones en la región de Los Llanos de Durango, debido a que manifiesta buena respuesta bajo condiciones de lluvia reducida y buen potencial a mayores cantidades de lluvia.

La variedad tardía presenta buenas respuestas sólo en condiciones de precipitación altas; pero éstas ocurren en Los Llanos de Durango con una probabilidad menor al 60%.

El mejoramiento genético realizado ha mostrado ser eficaz para incrementar el rendimiento de las variedades en función de la precipitación, al comparlas con el maíz criollo.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros compañeros del INIFAP: Ricardo Gutiérrez S., Salvador Martín del Campo V., Adán Castillo R., Jesús López y Ma. Esther Ramírez por su participación en la evaluación de los experimentos. Al Dr. Víctor Castro R. por lo anterior y por sus sugerencias para una mejor presentación del escrito.

BIBLIOGRAFIA

- Barnes, D.L. and D.G. Woolley. 1969. Effect of moisture stress at different stages of growth. I. Comparison of a single eared and two-eared corn hybrid. *Agron. J.* 61: 788-790.
- Coligado, M.C., A.P. Aglibut and A.R. Sandoval. 1963. Agricultural drought and its effect on corn. *Philipp. Agric.* 46: 602-617.
- Denmead, O.T. and R.H. Shaw. 1960. The effect of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Agron. J.* 52: 272-274.
- Fischer, K.S., E.C. Johnson y G.O. Edmeades. 1983. Mejoramiento y selección de maíz tropical para incrementar su resistencia a la sequía. CIMMYT. El Batán, Méx. 19 p.
- Gutiérrez Sánchez, J.R. 1986. Comportamiento en campo y tolerancia a marchitez permanente y a presión osmótica de poblaciones de maíz seleccionadas bajo el sistema riego-sequía. Tesis de Maestría. C.P. Centro de Genética, Chapingo, Méx. México.
- Osuna, S.E. 1983. Niveles de labranza para la preparación del suelo en el cultivo de maíz de temporal en Durango. Resúmenes de Investigación maíz 1983. SARH-INIA-CIANOC.
- Peña Ramos A. 1987. Efecto de la sequía en dos etapas fenológicas del maíz. I. Rendimiento, componentes e índice de cosecha. En: Resúmenes del 20º Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. 11-14 de Noviembre. Zacatecas, Zac. México. p. 95.
- Robins, J.S. and C.E. Domingo. 1953. Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stages in corn. *Agron. J.* 45: 618-621.
- Runge, E.C.A. and R.T. Odell. 1958. The relation between precipitation, temperature and the yield of corn in the Agronomy South Farm, Urbana, Illinois. *Agron. J.* 50: 448-454.
- Salter, P.J. and J.E. Goode. 1967. Crop response to water at different stages of growth. *Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Bucks, England.* Rev. 2.
- Shaw, R.H. 1977. Climatic requirement. In: *Corn and Corn Improvement.* G.F. Sprague (ed.). American Society of Agronomy, pp. 591-623.
- Thompson, M.L. 1969. Weather and technology in the production of corn in the U.S. Corn Belt. *Agron. J.* 61: 453-456.
- Vázquez, R. 1961. Effects of irrigation at different growth stages, and of nitrogen levels on corn yields in Lajar Valley. *P.R.J. Agr.* 45: 85-105.
- Volodarskij, N.I. and L.V. Zinevic. 1960. Drought resistance of maize during ontogeny. *Fisiol. Rast.* 7: 216-219. (en ruso).