

RELACION ENTRE EL CLIMA Y EL RENDIMIENTO DE MAIZ DE TEMPORAL EN ZACATECAS

Maximino Luna Flores y José Ricardo Gutiérrez Sánchez¹

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue conocer la forma en que tres elementos del clima influyen en el rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) de temporal en Zacatecas. Se usaron datos promedio de rendimiento, superficies sembradas y cosechadas de los distritos de desarrollo rural del estado de Zacatecas, de 1980 a 1986; esta información se correlacionó, por distrito y a nivel estatal con datos mensuales de precipitación, temperatura y evaporación en el ciclo de cultivo del maíz. Estos datos se obtuvieron de estaciones climatológicas representativas de cada distrito. Se observó que los rendimientos unitarios de maíz son afectados negativamente tanto por la escasa precipitación, como por las bajas temperaturas registradas en el estado. Las pérdidas de superficie de siembra son mayores cuando llueve menos. La evaporación influye a la inversa que la precipitación. En general, la precipitación de septiembre y octubre afectó positivamente el rendimiento de maíz. Los distritos de desarrollo rural de Zacatecas con mejores condiciones climáticas para el cultivo de maíz son Jalpa, Río Grande y Jerez.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Zea mays L., precipitación, temperatura, evaporación.

SUMMARY

This research was aimed to study the effects of three climatic variables on corn (*Zea mays* L.) yield under rainfed conditions in the state of Zacatecas.

Average yield, planted area and harvested area data (1980-86), collected from rural counties across the state, were correlated against the monthly data of rainfall, temperature and evaporation occurring during the crop growing season. This last information was obtained from meteorological stations in each county. As expected, corn yield was negatively affected by scarce rainfall and by low temperatures. Losses in planted area were greater under the lowest rainfall. Evaporation rate had the opposite effect as compared to that of accumulated precipitation. In general, the corn yield increased as the september and october accumulated rainfall also increased. The best rural counties of the Zacatecas state for corn production are Jalpa, Río Grande and Jerez, because of their better climatic conditions.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Zea mays L., rainfall, temperature, evaporation.

INTRODUCCION

El programa agrícola de la SARH en Zacatecas indica que en este estado se han sembrado en los últimos años más de 400 mil hectáreas de maíz (*Zea mays* L.), bajo condiciones de temporal; esto corresponde al 31% de la superficie sembrada en Zacatecas y el 36% de la de temporal. La misma fuente informativa registra rendimientos promedio de 700 kg/ha de grano de maíz de temporal en el estado, con una variación por distrito de desarrollo rural de 380 a 940 kg/ha en los últimos años; ese rendimiento es aproximadamente el 45% del rendimiento medio nacional de este cultivo.

Se puede argumentar que los bajos rendimientos de maíz de temporal en

¹ Investigadores de maíz del INIFAP-Zacatecas. Apartado Postal 18. C.P. 98500. Calera de V. R., Zac.

Zacatecas se deben, en parte, a que las condiciones climáticas bajo las que se produce este cereal no son las más apropiadas para que el cultivo muestre su mejor desarrollo. La literatura indica que la temperatura media anual en el área agrícola más importante del estado de Zacatecas varía de 14 a 21°C, la lluvia de 265 a 460 mm, las unidades calor durante el ciclo de cultivo van de 700 a 1500, predominando las cantidades bajas y de 90 a 120 días con lluvia y sin heladas. Sin embargo, las condiciones climáticas para que el maíz exprese su mejor comportamiento corresponden a valores medios de clima superiores a los que se registran en Zacatecas.

Parece contradictorio que bajo condiciones climáticas como las indicadas se siembre tan alta superficie de maíz. De hecho, a menudo se escucha la expresión de que no debe sembrarse maíz de temporal bajo las condiciones de Zacatecas; la realidad es que cada año se siembra una gran superficie. El Campo Experimental Zacatecas consigna en sus informes anuales rendimientos de maíz hasta de cinco toneladas por hectárea con 400 mm de precipitación y de más de dos toneladas con 250 a 300 mm. Estos rendimientos son alcanzables con genotipos adaptados a las condiciones climáticas de Zacatecas y con un manejo diferente al tradicional.

El presente estudio se realizó con el objetivo de precisar en que forma tres variables del clima influyen sobre el comportamiento del maíz de temporal en Zacatecas, considerando principalmente el rendimiento medio regional y la relación de esas variables con la superficie siniestrada. La información que se obtenga podrá servir de guía al agrónomo y al fitomejorador, para buscar tanto el manejo como el

genotipo más apropiados para las condiciones climáticas de Zacatecas.

REVISION DE LITERATURA

Efectos de la falta de agua

Shaw (1977) hace una amplia revisión sobre los efectos de la falta de agua en el cultivo de maíz y menciona que la lluvia mínima para un cultivar de 120 días o más, es de 250 a 500 mm; otros autores mencionan valores mínimos de uso consuntivo del maíz de 300 mm. Robins y Rhoades (1958) y Shaw (1977) indican que 150 mm en el ciclo de cultivo son el mínimo para que el maíz produzca sin riego. Pengra (1946) encontró una correlación de 0.58 entre el rendimiento de maíz y la lluvia en el ciclo de cultivo en Dakota del Sur. Luna y Zapata (1988) anotan los problemas climáticos generales para el cultivo de maíz en las zonas áridas y semiáridas del altiplano de México.

Hanway (1971) divide el ciclo de cultivo del maíz en 10 etapas fenológicas e indica que el período más crítico en cuanto a disponibilidad de agua es la floración. Shaw *et al.* (1958) encontraron que la planta de maíz usa casi el doble de agua durante las etapas de floración a llenado de grano que en la vegetativa. También mencionan que la tasa diaria de uso de agua en aquellas etapas está correlacionada positivamente con el rendimiento de grano. Resultados semejantes anota Slatyer (1969).

Mallet (1972), Barnes y Wooley (1969), Wilson (1968) y Denmead y Shaw (1960), entre otros autores, detectaron las más fuertes reducciones en el rendimiento de grano de maíz cuando hubo tensión por falta de agua durante la etapa de floración; le siguió la etapa de llenado de grano. Claassen

y Shaw (1970) encontraron reducciones en el rendimiento de grano de 3% por día de sequía impuesta al inicio de la floración femenina y 7% al final de ésta.

Efecto de temperaturas bajas

Shaw (1977) hace una recopilación sobre los rendimientos y efectos de la temperatura en el cultivo del maíz. Menciona que este cultivo prácticamente no se siembra donde la temperatura media de verano es inferior a 19°C o la temperatura media nocturna es inferior a 13°C. Allmaras *et al.* (1964) mencionan que la mejor temperatura para la producción de materia seca en maíz oscila entre 25 y 28°C; Thompson (1969) indica una temperatura de 24°C y Grobbelaar (1963), entre 25 y 33°C.

Wallace (1920) detectó correlación, aunque baja, entre la temperatura de mayo y el rendimiento de maíz en E.U. Se registró una temperatura media de 15.6°C, que coincidió con los rendimientos medios; las temperaturas más altas resultaron en los mejores rendimientos. Semejantes conclusiones obtuvo Rose (1936). Thompson (1969) encontró baja correlación entre la temperatura (21 a 23°C) de junio y el rendimiento de grano de maíz; similares resultados obtuvieron Davis y Harrell (1941), Visher (1940) y Rose (1936); éste último también detectó correlación negativa entre el rendimiento y la temperatura de julio. Los mismos autores anotados en este párrafo, mencionan que las temperatura medias de agosto en la Faja Maicera son más altas que la óptima para obtener un buen rendimiento de maíz. Thompson (1969) menciona que en los estados más productores de maíz en E.U., la temperatura correlacionó positivamente con el rendimiento y en los menos productores, negativamente; también indica que la

temperatura influyó más en el rendimiento que la lluvia.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental Zacatecas, dependiente del INIFAP-SARH. Se utilizaron los datos promedio de rendimiento de maíz de 1980 a 1986, de los seis distritos de desarrollo rural del estado de Zacatecas¹, así como las superficies sembradas y cosechadas en esos años. Esta información es la que se reporta a la DGEA de la SARH (Cuadro 1). Se utilizaron datos promedio anuales y mensuales de clima, provenientes de estaciones meteorológicas representativas de las áreas agrícolas de los distritos de desarrollo rural, a saber: Calera y San Pedro Piedra Gorda del distrito I; Santa Rosa y la Florida del distrito II; Jerez de García Salinas del distrito III; Juchipila del distrito IV; González Ortega, Jiménez del Teúl y Río Grande del distrito V y Mazapil del distrito VI. La estación usada para el distrito III es representativa del Altiplano, pero no de la región del Cañón de Tlaltenango, que es de las más productivas del estado porque llueven más de 600 mm anuales y registra altas temperaturas.

Por diferencia entre la superficie sembrada y cosechada cada año, se obtuvo la superficie perdida (siniestrada) por distrito de desarrollo rural y la estatal.

Se realizaron análisis de correlación múltiple (R) entre el rendimiento medio estatal y por distrito, así como de la superficie perdida, con la precipitación;

¹ Solamente se consideró de 1980 a 1986 porque fue cuando se constituyeron los distritos de desarrollo rural y por la confiabilidad en la información.

temperaturas medias, máximas y mínimas; y evaporación anual así como de los meses de junio a octubre, que es cuando se completa el ciclo de cultivo del maíz de temporal en Zacatecas. A partir de los mismos análisis se determinaron los coeficientes de regresión (b) para estimar modelos de respuesta. Para simplificar la presentación de resultados, solamente se indica si la influencia sobre el rendimiento unitario o sobre la superficie perdida fue positiva, negativa o nula.

RESULTADOS Y DISCUSION

Relación de valores anuales

En el Cuadro 1 se presentan los promedios de 1980 a 1986 de las superficies sembradas, cosechadas y perdidas de maíz de temporal por distrito de desarrollo rural del estado de Zacatecas; también se muestran los promedios de rendimiento de grano, precipitación, temperaturas máxima y mínima y evaporación durante el ciclo de cultivo, que comienza en general durante la segunda quincena de junio y termina en la primera semana de octubre. Por facilidad, en esta primera aproximación del presente estudio, se consideraron los meses completos como intervalos de tiempo.

En el Cuadro 1 pueden observarse las diferencias entre valores anuales de las diversas variables por distrito. Los rendimientos medios más altos corresponden a los distritos donde más llueve y los más bajos a los de menor precipitación, salvo Río Grande que muestra un rendimiento alto con una precipitación relativamente baja. Esto puede deberse, entre otras razones, a su baja evaporación, con lo cual la planta dispone de más agua durante su ciclo de desarrollo. En el distrito de Jalpa, en el cual

se obtiene el más alto rendimiento medio, también se registran la mayor precipitación y temperatura. Corresponden altas temperaturas a Concepción del Oro, donde los rendimientos aparentemente están asociados a la baja cantidad de agua de lluvia. En el distrito de Jerez el rendimiento medio que se muestra es relativamente alto, porque corresponde en su promedio al rendimiento de la región del Cañón de Tlaltenago; el cual es cercano a 1000 kg/ha.

La información sugiere que a mayor temperatura corresponde mayor rendimiento. Solamente la temperatura que se registra en Jalpa está dentro de los límites que la literatura marca como apropiados para un buen comportamiento y rendimiento del maíz. La temperatura en Concepción del Oro también está dentro de los límites, pero, como se observa, hay una lluvia escasa. Jerez y Río Grande registran temperaturas medias diarias correspondientes al límite inferior (19°C) para que el maíz muestre un buen comportamiento.

La Figura 1 muestra de manera gráfica la superficie sembrada de maíz de temporal que no se ha cosechado en Zacatecas en los años 1980 a 1986; también se muestran el rendimiento medio obtenido en la superficie cosechada y la precipitación media en los años indicados. Puede observarse en términos generales, que a una baja precipitación media corresponde una mayor área sin cosechar. En 1986, año en que se registró una alta precipitación, también fue relativamente alta el área no cosechada; tal vez esto se deba a una distribución irregular del agua de lluvia durante el ciclo de cultivo, al menos en algunas regiones del Estado. Esto puede suponerse así porque el rendimiento medio en este año es de los más altos. Como puede observarse en el Cuadro 1, la superficie no cosechada ("perdida") media en el

Cuadro 1. Superficie sembrada, cosechada y perdida de maíz de temporal, rendimiento y algunas características climáticas de los distritos de desarrollo rural integral del estado de Zacatecas.

Distritos	Superficie Sembrada	Superficie cosechada (miles de ha)	Superficie perdida (%)	Rendimiento (kg/ha)	Lluvia (mm)	Temp. Máx. en el ciclo (°C)	Temp. Mín. en el ciclo (°C)	Evaporación (mm)
Zacatecas	61	37	39	380	305	23.4	9.8	925
Fresnillo	50	39	22	410	335	23.9	10.4	825
Jerez	99	91	8	730	380	26.3	11.8	885
Jalpa	68	55	19	940	630	31.6	15.9	835
Río Grande	108	98	9	790	310	27.3	12.8	775
C. del Oro	12	3	75	280	210	31.2	13.2	830

Fuente: SARH-Zacatecas; valores medios de 1980 a 1986.

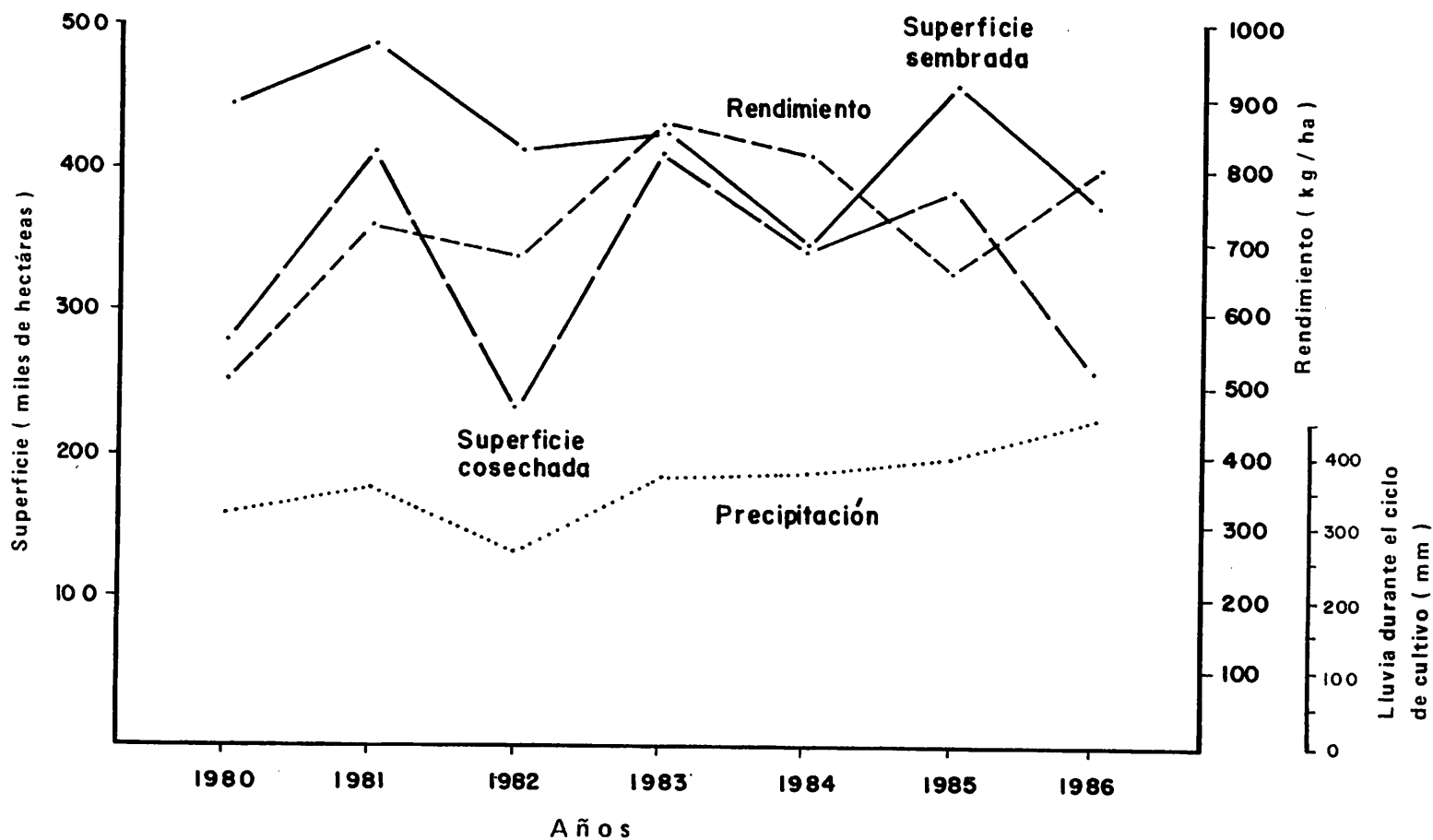


Figura 1. Precipitación en el ciclo de cultivo, superficie sembrada y cosechada y rendimiento de maíz en Zacatecas de 1980 a 1986. SARH - Zacatecas.

estado de Zacatecas de 1980 a 1986 es de 19%; sin embargo, en Concepción del Oro es de 75%, aunque se siembra poca superficie. En el distrito de Zacatecas es de 39%, mientras que en otros distritos, como el de Jerez y Río Grande es inferior al 10%; renglones adelante se tratará de explicar esto.

En el Cuadro 2 se observa cómo algunos elementos climáticos afectan al rendimiento medio de grano y a la superficie perdida en las siembras de temporal en Zacatecas; solamente se incluyen los casos que resultaron estadísticamente significativos. A nivel estatal se consideró por separado la información con y sin fertilización, porque algunos resultados son contrastantes. Así, con y sin fertilización el rendimiento fue afectado positivamente por la precipitación y temperatura media anuales, así como por la lluvia de julio y septiembre. Cuando el maíz se fertilizó, la lluvia de junio afectó negativamente al rendimiento y no se detectó efecto de la evaporación anual, ni de la lluvia de agosto.

Los efectos positivos de la precipitación y la temperatura media anuales son lógicos, toda vez que las lluvias registradas en Zacatecas son inferiores a las indicadas por la literatura para que el cultivo de maíz muestre un buen comportamiento, esto es, a mayor precipitación y temperatura media más alta en Zacatecas, debe esperarse mejores rendimientos unitarios de maíz.

La lluvia de septiembre en general coincide con la floración y parte de la etapa de llenado de grano, de ahí la influencia positiva del incremento de ella sobre el rendimiento. El efecto positivo de la lluvia de julio tal vez tenga que ver con la dilución y aprovechamiento del fertilizante por parte de la planta, ya que en general las siembras se llevan a cabo a principios de este mes, fertilizando y sembrando al mismo tiempo. La relación inversa de la lluvia de junio sobre el rendimiento, necesita mayor análisis para explicarla; normalmente el temporal en Zacatecas comienza la última decena de junio; una posible explicación es que al

Cuadro 2. Efecto de algunos elementos climáticos en el rendimiento medio y la superficie perdida de maíz en Zacatecas.

Variable dependiente	Fertilizado	Precipitación media				Temperatura media	R ¹
		Anual	Mensual				
			Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	
Rendimiento	Si	+	-	+		+	0.90
	No	+		+	-	+	0.91
Superficie perdida	Si	-		-		+	0.87
	No	-		-		+	0.92

¹ Coeficientes de correlación múltiple; los signos positivos o negativos corresponden a los coeficientes b de modelos de regresión múltiple.

principio en general se registran abundantes lluvias, con lo que se retrasan las siembras, entonces el cultivo de maíz cuenta con menos tiempo y con ello, menos unidades calor y menos agua para completar su ciclo vegetativo. Esto repercute negativamente sobre el rendimiento.

La temperatura mostró una correlación positiva con el rendimiento, con o sin fertilizante; esto se esperaba, porque las temperaturas que se registran en Zacatecas en el ciclo de cultivo, son inferiores a las indicadas por la literatura como más apropiadas para el buen comportamiento del cultivo de maíz.

Con respecto a la superficie perdida, en el Cuadro 2 puede observarse que en general la lluvia correlacionó negativamente con ella; esto es, a mayor superficie perdida menor precipitación, lo cual es normal, considerando que la precipitación de Zacatecas (Cuadro 1) es inferior a la requerida para el cultivo de maíz. En cuanto a temperatura, la superficie perdida está relacionada positivamente; esto tal vez se deba a un

efecto indirecto, por ejemplo, al propiciar una mayor evaporación y por lo tanto menor disponibilidad de agua para el cultivo; así mismo, al propiciar mayor crecimiento de la planta, mayor área foliar y por lo tanto mayor transpiración y consumo de agua, agotando la poca agua disponible en el crecimiento vegetativo, antes de la formación del grano.

En el Cuadro 3 se muestran los efectos de la temperatura, precipitación y evaporación en el ciclo de cultivo, sobre el rendimiento del maíz de temporal, en cada distrito de desarrollo. Puede observarse que en general, tanto la temperatura media como la precipitación están asociadas en forma positiva con el rendimiento; esto es lógico, puesto que los niveles de ambos elementos son inferiores en general en Zacatecas, a lo que la literatura marca como más apropiados.

En el Distrito de Desarrollo Rural de Río Grande se detectó una correlación negativa del rendimiento con la temperatura media y en el de Concepción del Oro con la precipitación; no obstante, en este segundo caso,

Cuadro 3. Efectos de algunos elementos del clima registrados en el ciclo de cultivo sobre el rendimiento de grano de maíz de temporal en Zacatecas.

Distrito	Temperatura	Precipitación pluvial	Evaporación	R ¹
Zacatecas	+	+	-	0.99
Fresnillo	+	+	-	0.97
Jerez			-	0.54
Jalpa	+			0.17
Río Grande	-	+		0.98
C. del Oro		-	-	0.99

¹ Coeficientes de correlación múltiple; los signos positivos o negativos corresponden a los coeficientes b de modelos de regresión múltiple.

que la lluvia fue muy escasa (Cuadro 1). No hay elementos suficientes, en el presente estudio para explicar esos resultados, pero podría indicarse en el caso de Río Grande, que la temperatura está en los límites entre la no-apropiada y la apropiada para el cultivo de maíz. Por los genotipos específicos y adaptados que se cultivan ahí y la escasa precipitación, la temperatura será causa de una tasa de crecimiento tal que rompe el equilibrio al elevarse ésta y el rendimiento de grano. En el caso de Concepción del Oro, posiblemente ayude a una explicación el hecho de que la poca lluvia que se presenta lo hace en general en dos o tres aguaceros; con lo que muchas veces se pierde agua, suelo y nutrientes por escorrentía por la poca profundidad del suelo, lo cual puede afectar indirectamente al cultivo de manera negativa.

La evaporación mostró una relación negativa con el rendimiento; esto es comprensible por la poca agua disponible en general para el cultivo de maíz de temporal en Zacatecas.

Relación con valores mensuales

En el Cuadro 4 se muestra la influencia de la temperatura media, la precipitación y la evaporación de julio, agosto, septiembre y octubre sobre el rendimiento de grano. No se muestra la información de junio porque prácticamente no se detectó influencia alguna. En general se observó un efecto similar de esos elementos a nivel anual, esto es, la temperatura y la precipitación fundamentalmente influyen de manera positiva y la evaporación negativamente. La temperatura, en la mayoría de los casos, mostró una correlación de cero. La precipitación mostró asociación en casi todos los distritos y meses.

Los signos negativos que se observan en precipitación pueden estar asociados con un efecto negativo en el desarrollo de la planta en sus primeras etapas, ocasionados por exceso de agua, erosión de suelo y lixiviación de nutrientes. En el distrito de Zacatecas pudiera ser también debido al atraso en las siembras por el exceso de agua al inicio del temporal. La fecha retrasada de siembra ocasiona que el cultivo disponga de menos unidades calor y agua, entre otros elementos, al acortarse el ciclo del cultivo.

Respecto a los signos positivos que aparecen en relación con la evaporación (Cuadro 4) no se puede dar una explicación convincente. Jalpa es de las áreas más lluviosas, sobre todo al inicio del ciclo, por lo que una mayor evaporación ayuda a que el suelo desaloje agua y alcance buenas condiciones para el desarrollo de la planta, o para la siembra y germinación. En Río Grande, la región maicera cuenta en general con suelos buenos o regulares; además, se sabe que la distribución de la lluvia es mejor que en otros distritos de Zacatecas, por lo que, no obstante lo escaso de la lluvia, tal vez con interacción con genotipos adaptados a la región, las condiciones generales de cultivo influyan para que la evaporación en agosto y septiembre afecten positivamente el rendimiento de maíz en ese distrito.

En el Cuadro 5 se muestra la influencia de la temperatura media, la precipitación y la evaporación anuales sobre la superficie de maíz de temporal que se pierde. En términos generales los efectos de la temperatura y la precipitación son inversamente proporcionales a la superficie perdida y la evaporación directamente proporcional; esto es lo esperado, por lo bajo de la precipitación y temperatura en general; así como por las pobres condiciones del suelo en el estado de Zacatecas.

Cuadro 4. Elementos mensuales del clima que más influyen en el rendimiento de maíz de temporal en el estado de Zacatecas¹.

Distrito de desarrollo rural	M e s			
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Temperatura				
Zacatecas	+	+		+
Fresnillo				
Jerez			+	
Jalpa				
Río Grande				
Concepción del Oro		-	+	
Precipitación				
Zacatecas	-	+	+	+
Fresnillo	+	-	+	
Jerez	+	-	+	+
Jalpa		+		+
Río Grande	+		+	+
Concepción del Oro			+	
Evaporación				
Zacatecas	-	-	-	+
Fresnillo		-		
Jerez	-			
Jalpa	+	-	-	
Río Grande	-	+	+	-
Concepción del Oro			-	

¹ Valores medios mensuales de 1980-1986. Los signos positivos o negativos corresponden a los coeficientes b de modelos de regresión múltiple.

En los distritos de desarrollo rural de Zacatecas y Concepción del Oro la temperatura tiene más efecto que la precipitación, según lo detectado en el presente estudio; tal vez esto esté relacionado con las escasas unidades calor disponibles en el ciclo de

cultivo, que son inferiores a las de los otros distritos y a lo corto del mismo ciclo de cultivo. El signo positivo en precipitación en el distrito de Jerez puede estar relacionado con el hecho de incluir una de las regiones más lluviosas del estado, como en

Cuadro 5. Influencia de algunos elementos del clima sobre la superficie de maíz de temporal que se pierde en Zacatecas¹.

Distrito	Temperatura	Precipitación pluvial	Evaporación	R ²
Zacatecas	-		+	0.75
Fresnillo		-	+	0.90
Jerez		+	+	0.60
Jalpa		-	+	0.98
Río Grande	-	-		0.70
Concepción del Oro	-			0.69

¹ Valores medios anuales de 1980-1986.

² Coeficientes de correlación múltiple. Los signos positivos o negativos corresponden a los coeficientes b de modelos de regresión múltiple.

presentan problemas por exceso de agua, que en ocasiones impiden realizar oportunamente algunas prácticas agrícolas, como el control de malezas.

En el Cuadro 6, en relación con la superficie perdida, se observa que en general la influencia de la precipitación mensual es negativa; esto es, que a menor precipitación mayor pérdida, lo cual es lógico por lo reducido de la precipitación del área. Se observan casos especiales, como en julio y agosto en Jalpa, donde no hay influencia alguna, tal vez por ser uno de los distritos de mayor precipitación. Solamente es negativa en septiembre cuando la planta de maíz es más afectada por la falta de agua ya que se encuentra en estado de floración y llenado de grano. En Río Grande la asociación es positiva en agosto, al igual que en julio en

Jerez; tal vez esto se puede relacionar con inundaciones y otras causas indirectas como exceso de malezas, en estos distritos en los que hay amplias áreas con relativamente alta precipitación. En Concepción del Oro, como en los anteriores cuadros de datos, se observa una situación irregular, ya que aparentemente la influencia negativa es solamente con la lluvia de julio y no se registra influencia en los otros meses. Aunque se sugiere un estudio más a fondo en este distrito, tal vez la relación negativa en julio se explique por lo más escaso de las lluvias aquí que en otras regiones del Estado, de tal manera que si se sembró con la humedad dejada por un chubasco y no vuelve a llover en un mes o más, lo cual es común en ese distrito, lo más probable es que las plantas de maíz mueran.

Cuadro 6. Influencia de la precipitación de julio, agosto y septiembre sobre la superficie de maíz de temporal que se pierde en Zacatecas¹.

Distrito	Julio	Agosto	Septiembre
Zacatecas	-	-	-
Fresnillo	-	-	-
Jerez	+	-	-
Jalpa			-
Río Grande		+	-
Concepción del Oro	-		

¹ Valores medios mensuales de 1980-1986. Los signos positivos o negativos corresponden a los coeficientes b de modelos de regresión múltiple.

CONCLUSIONES

En el Altiplano de Zacatecas, las características climáticas que se registran muestran promedios inferiores a las indicadas como óptimas por la literatura, para que el maíz de temporal muestre un buen comportamiento. Los rendimientos unitarios de maíz de temporal en este Estado son afectados negativamente por lo escaso de la lluvia y las bajas temperaturas. Las superficies de siembra perdidas son mayores cuando ocurre menor precipitación. La evaporación influye a la inversa que la precipitación.

Los distritos de desarrollo rural de Zacatecas con mejores condiciones climáticas para el cultivo de maíz son Jalpa, Río Grande y Jerez; los menos aptos son Concepción del Oro y Zacatecas. En casi todos los distritos de desarrollo rural, la precipitación de septiembre y octubre afecta positivamente el rendimiento unitario de grano de maíz de temporal y negativamente la superficie perdida; en esos meses ocurre

en general la floración y el llenado del grano. En los demás meses la influencia es inconsistente.

BIBLIOGRAFIA

- Allmaras, R. R., W. C. Burrows, and W. E. Larson. 1964. Early growth of corn as affected by soil temperature. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 28: 271-275.
- Barnes, D. L. and D. G. Woolley. 1969. Effect of moisture stress at different stages of growth. I. Comparison of a single-eared and a two-eared corn hybrid. *Agron. J.* 61: 788-790.
- Claassen, M. M. and R. H. Shaw. 1970. Water deficit effects on corn. I. Vegetative components. *Agron. J.* 62:649-652.
- Davis, F. E. and G. D. Harrell. 1941. Relation of weather and its distribution to corn yields. *USDA Tech. Bull.* 806.
- Denmead, O. T. and R. H. Shaw. 1960. The effects of soil moisture stress at different stage of growth on the development and yield of corn. *Agron. J.* 52:272-274.

- Grobbelaar, W. P. 1963.** Responses of young maize plants to root temperatures. Meded. Landbouwhoges. Wageningen. 63(5)1-71.
- Hanway, J. J. 1971.** How a corn plant develops. Iowa Coop. Ext. Serv. Spec. Rep. 48 (rev.).
- Luna F., M. y Zapata A. 1988.** Investigación de maíz en el CIANOC: Marco de Referencia. Publicación Especial No. 11. CIANOC-INIA-SARH. Aguascalientes. México. 33 p.
- Mallet, J. B. 1972.** The use of climatic data for maize yield predictions. Ph. D. Thesis. Dep. of Crop Sci., Univ. of Natal, Pietermaritzburg, S. A.
- Pengra, R. F. 1946.** Correlation analysis of precipitation and crop yield data for the sub-humid areas of the Northern Great Plains. J. Am. Soc. Agron. 38:848-849.
- Robins, J. S. and H. F. Rhoades. 1958.** Irrigations of field corn in the west. USDA Leaf 440.
- Rose, J. K. 1936.** Corn yield and climate in the Corn Belt. Geogr. Rev. 26:88-102.
- Shaw, R. H. 1977.** Climatic requirement. In: Corn and Corn Improvement. Sprage, G. F. (ed.). Am. Soc. Agron. Madison, Wisconsin, USA. pp. 591-623.
- _____, **J. R. Runkles, and G. L. Barger. 1958.** Seasonal changes in soil moisture as related to rainfall, soil type and crop growth. Iowa Agric. Home Econ. Exp. Stn. Res. 457.
- Slatyer, R. O. 1969.** Physiological significance of internal water relations to crop yield. In: Physiological Aspects of Crop Yield. J. D. Eastin, F. A. Haskins, C. Y. Sullivan, and C. H. M. van Bavel (eds.). Am. Soc. Agron. and Crop Sci. Soc. Am., Madison, Wis. pp. 53-83.
- Thompson, L. M. 1969.** Weather and technology in the production of corn in the U.S. Corn Belt. Agron. J. 61:453-456.
- Visher, S. S. 1940.** Weather influences on crop yields. Econ. Geogr. 16:437-443.
- Wallace, H. A. 1920.** Mathematical inquiry into the effect of weather on corn. Monthly Weather Rec. 48:439-446.
- Wilson, J. H. 1968.** Water relations of maize. Pt. 1. Effects of severe soil moisture stress imposed at different stages of growth on grain yields of maize. Rhod. J. Agric. Res. 66:103-105.