

PRACTICAS AGRONOMICAS PARA AMINORAR EFECTOS POR SEQUIA EN MAIZ DE TEMPORAL EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA *

Carlos ARREDONDO VELAZQUEZ ¹
Flavio ARAGON CUEVAS ¹

RESUMEN

Durante los ciclos agrícolas PV-1994 y 1995 se condujo una investigación de maíz de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca para evaluar el efecto de diferentes prácticas agronómicas sobre algunas características del suelo y el rendimiento de grano y de rastrojo, y en 1996 se validó el mejor tratamiento experimental. Las prácticas agronómicas para aminorar el efecto por sequía fueron: aplicación de estiércol de bovino, variedad tolerante a sequía, remojado de semilla, siembra a chorrillo, cubierta vegetal, labranza reducida y desespigue, que se agruparon en tres tratamientos. Los dos primeros (T-1 y T-2) incluyeron todas estas prácticas cambiando sólo la variedad, y el tercero (T-3) contempló la aplicación de estiércol, remojado de semilla, siembra a chorrillo y desespigue; el testigo fue la siembra tradicional del productor. Cada repetición del experimento se estableció bajo un diseño de bloques al azar en localidades con tipo de suelo diferentes: fluvisol (Reyes Mantecón, Centro), feozem (Santo Domingo Barrio Bajo, Etla), regosol (San Juan Guelavía, Tlacolula) y cambisol (Colonia Emiliano Zapata, Zaachila). La intensidad de la sequía fue 23.9% menos cantidad de lluvia de la que normalmente ocurre. Al comparar la humedad aprovechable (H.A.) del suelo contra los requerimientos mínimos del cultivo, en general se tuvo un déficit de un 14.3%, que afectó severamente a las etapas reproductivas y llenado de grano en 1994; en siembra y emergencia en 1995. Los resultados mostraron que las prácticas agronómicas tienden a mejorar las posibilidades de cosecha mediante: una mayor velocidad de emergencia de plántulas, mayor altura, menos plantas infértiles y valores mayores para longitud, diámetro y peso de mazorca, así como para peso de grano y H.A. del suelo. Sólo las variables plantas acamadas, densidad aparente y velocidad de infiltración, resultaron afectadas negativamente. A pesar de disponer de menos lluvia, el efecto conjunto de las prácticas agronómicas se tradujo en incrementos diferenciales sobre el testigo, estadísticamente significativos, de 570 y 1,093 kg/ha de grano y rastrojo, respectivamente. En términos de eficiencia económica, el T-3 es el más factible de ser adoptado por el productor.

Palabras clave: *Zea mays*, sequía, prácticas agronómicas

* **Artículo enviado al Comité Editorial del INIFAP - Area Agrícola el 18 de noviembre de 1997**

¹ M.C. Investigadores del Programa de Maíz del Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. SAGAR-INIFAP-CIRPS.

SUMMARY

During the 1994-1995 spring-summer agriculture cycles, an experiment was established with the objective of learning the response of some agricultural practices on the grain and stubble production of rainfed maize in the Oaxaca Central Valley. The agricultural practices studied to reduce the effect of drought were: the application of cattle manure, the use of a drought tolerant variety, seed soaking, continuous seeding, mulching, reduced tillage and detasseling. These practices were combined in three treatments in addition to the traditional methods. The design was a complete randomized block with four replications. Each replication was located in a different soil class: fluvisol (Reyes Mantecón, Centro), feozem (Santo Domingo Barrio Bajo, Etla), regosol (San Juan Guelavia, Tlacolula) and cambisol (Colonia Emiliano Zapata, Zaachila). In 1996 the best treatment was validated. The rainfall was 23.9% less than normal; the reproductive and ripeness stages were more affected in 1994; sowing and emergence stages were more affected in 1995. The results of each agricultural practice indicated a general tendency to improve: in early emergence, plant height, low levels of infertile plants; weight, diameter and length of the ear of corn; grain weight and available moisture. Only lodged plants, bulk density, and water intake, showed negative effects from these agricultural practices. The combined effects of the agricultural practices evaluated indicate a statistically significant increase of 570 and 1,093 kg/ha for grain and stubble yields, respectively. Treatment three (cattle manure, seed soaking, continuous seeding and detasseling) is the most economically feasible option to be adopted by the farmer.

Key words: *Zea mays*, drought, agronomic practices.

INTRODUCCIÓN

De un promedio de 100 mil hectáreas cultivadas al año con maíz en los Valles Centrales de Oaxaca, el 93% se produce bajo condiciones de temporal, en donde la sequía es el principal problema que limita la producción, causando los mayores estragos cuando se presenta durante la floración, la cual ocurre entre julio y agosto. La sequía intraestival puede durar hasta 40 días, como lo indicó Ramírez (30) en 1983. En el clima BS₁, que abarca aproximadamente 60 mil hectáreas, se presentan deficiencias hídricas para maíz del orden de los 90 mm en los meses de agosto a septiembre; en el clima (A)C las deficiencias son de 55 mm en los mismos meses; esta falta de agua provoca anualmente la pérdida total de la cosecha en el 56 y 26% de las siembras de las áreas con clima BS₁ y (A)C, respectivamente.

Por lo anterior, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto conjunto de prácticas agronómicas que puedan disminuir el riesgo de la sequía en las siembras de maíz de temporal, buscando alcanzar en el área de estudio una producción satisfactoria y estable.

REVISION DE LITERATURA

Aplicación de estiércol. Autores como Guzmán y Monjarás (18) en 1982; Castellanos y Muñoz (11) en 1987 y Sawant and Dayanand (34) en 1993, coincidieron en señalar que la práctica de abonar el suelo con estiércol vacuno mejora sus características físicas, aumenta la capacidad de retención de humedad y la velocidad de infiltración, y contribuye además a su fertilidad. El valor nutrimental promedio del estiércol es de 0.7% N, 0.3% P₂O₅ y 0.7% de K₂O.

Variedad tolerante a sequía. Como lo citaron Christiansen y Lewis (13) en 1987, el uso de variedades tolerantes a la sequía es un recurso para disminuir los efectos negativos de la falta de agua. Algunos ejemplos de variedades con mejor eficiencia de producción y resistencia a sequía son: Michoacán 21 Compuesto 2T, Cafime, Cafime SM12 Sequía y Zacatecas 58 SM20 rot, citadas por Peña *et al.* (27) en 1992; PABG-SFMH9 y H-204, mencionados por Villanueva *et al.* (36) en 1992; y V-209, indicada por Luna y Gutiérrez (23) en 1993. De acuerdo con Fischer *et al.* (16) en 1984, tres ciclos de selección recurrente para resistencia a sequía en Tuxpeño-1, originaron un aumento en la tasa de rendimiento de aproximadamente 9.5% por ciclo. Aragón (3) en 1993 consignó que en los Valles Centrales de Oaxaca, la variedad de maíz "Bolita-sequía", cuyo origen y base genética son los criollos locales sometidos a ciclos de selección de familias de medios hermanos bajo riego-sequía, produjo en una localidad seca 3.4% más que el criollo y en otra localidad de mejor precipitación, 20.4% más; el mismo autor (4) en 1994 señaló que esta misma variedad en parcelas de validación rindió 37.5% más que los criollos locales.

Remojado de semilla. Para Kuruvadi *et al.* (20) en 1992, el remojado de la semilla es un preacondicionamiento que abastece los requerimientos mínimos de agua para el inicio del proceso de germinación, contribuyendo a un mayor crecimiento en longitud de la raíz y del coleóptilo y, además, al aumento del porcentaje de germinación en trigo y frijol. Bajo condiciones de invernadero, según comentaron Casillas y Moreno (9) en 1994, el maíz sometido a esta misma práctica superó en 0.3% al testigo en el coeficiente de velocidad de emergencia. Bajo condiciones de campo, los mismos autores (10) notaron que hubo un adelanto significativo de tres días en la floración masculina y de 2.2 en la floración femenina.

Siembra a chorrillo. Según explicaron Ordaz y Moreno (26) en 1968, para lograr una población aceptable de 43,500 plantas de maíz por hectárea y mejorar su eficiencia productiva, es preferible tener una planta cada 25 cm o dos plantas por mata cada 50 cm, en surcos separados a 92 cm, en vez de las 3-4 plantas por mata cada 100 cm que siembra el productor.

Por su parte, Arellano (5) en 1980 citó que la siembra "a chorrillo" rinde igual que la mateada, pero mejora las condiciones para producir grano; cuando hay deficiente humedad, los efectos de la competencia entre plantas son más fuertes en las siembras mateadas.

Cubierta vegetal. La aplicación de cubiertas vegetales reduce las pérdidas de agua por evaporación. Al respecto, Guzmán y Monjarás (18) en 1982 mencionaron que con cubiertas de 8 a 11 ton/ha de paja la capacidad de retención de humedad del suelo se incrementa en un 3.5%. Por su parte, Antezana *et al.* (2) en 1979 señalaron que la adición de 5 ton/ha de rastrojo aumentó en 6% la humedad aprovechable (H.A.) del suelo y en 10% el rendimiento de grano y con 10 ton/ha, la H.A. se incrementó en 11% y el rendimiento de grano en 18%. Sawant y Dayanand (34) en 1993 indicaron que la cubierta al suelo disminuye en 1.8 °C la temperatura media del suelo y conserva la humedad; el efecto combinado de cubierta más fertilización incrementa los rendimientos desde 10.1 hasta 76.1%. La práctica de la cubierta al suelo hace más eficiente el uso del agua y repercute en incrementos en el rendimiento de 34.3 a 48% sobre el testigo sin cubrir.

Labranza. En términos generales, Barrón (7) en 1987 estimó que la preparación convencional del suelo (barbecho+rastreo+escarda) representa el 35% del costo total del cultivo. Este laboreo, según expresaron Onwualu y Anazodo (25) en 1990, puede contribuir a la compactación del suelo y ocasionar que el contenido de humedad y la porosidad disminuyan y que la densidad aparente y resistencia al penetrometro se incrementen. Diversos autores, citados por Phillips y Phillips (28) en 1986, refieren que en parcelas de maíz sin laboreo, la humedad del suelo se incrementa en un 19%; el laboreo nulo, acompañado de cubierta vegetal, además de disminuir la tasa de infiltración del agua, incrementa los rendimientos. Con labranza cero, los rendimientos se mantienen igual que con laboreo, la temperatura del suelo disminuye en un rango de 0.6 a 3.8 °C y la porosidad es menor.

Desespigue. Al realizar el desespigue hay traslocación de nutrimentos hacia la estructura femenina, se favorece la tasa de fotosíntesis y se estimula un mayor tamaño y número de inflorescencias femeninas. Ramírez (29) en 1977, al desespigar en preantesis un 75% de las plantas de los híbridos H-131 y H-30, observaron incrementos en el rendimiento del orden de un 13%, siendo más evidente la respuesta en el criollo de Tlaxcala con un 43%. Espinosa y Celis (14) en 1987 especificaron que el desespigue en preantesis incrementó los rendimientos un 21% en la variedad Huamantla, un 18% en la variedad VS-22 y un 31% en el híbrido H-137 E.

MATERIALES Y METODOS

Se estableció un experimento de maíz bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, por dos años consecutivos (1994 y 1995), bajo condiciones de temporal. Cada repetición fue una localidad con los siguientes tipos de suelo: Reyes Mantecón, Centro (fluvisol); Santo Domingo Barrio Bajo, Etla (feozem); San Juan Guelavía, Tlacolula (regosol) y Colonia Emiliano Zapata, Zaachila (cambisol). Se probaron siete prácticas agronómicas que en forma aislada contribuyen a disminuir el problema de la sequía, agrupándolas en tres tratamientos:

T-1: Paquete Tecnológico Completo = Variedad tolerante a la sequía + estiércol de bovino + remojado de semilla + siembra a chorrillo + labranza reducida + cubierta vegetal + desespigue.

T-2: Paquete Tecnológico Completo con Criollo = Variedad criolla + estiércol de bovino + remojado de semilla + siembra a chorrillo + labranza reducida + cubierta vegetal + desespigue.

T-3: Paquete Tecnológico Intermedio = Variedad criolla + estiércol de bovino + remojado de semilla + siembra a chorrillo + desespigue.

T-4: Siembra Tradicional = Variedad criolla, sin aplicación de estiércol y sin remojado de semilla + siembra a "tapapié", labranza convencional sin cubierta vegetal y sin desespigue.

El abonado orgánico al suelo se efectuó con 10 ton/ha de estiércol de bovino el primer año y con 5 ton/ha en el segundo, distribuyéndose en el terreno previo a la siembra. Como genotipo tolerante se usó la variedad experimental "Bolita-sequía"; el remojado de semilla consistió en colocar la semilla en agua natural por un período de 24 horas. En la siembra a chorrillo se dejó una planta cada 34 cm en surcos separados a 65 cm, para tener una población de 45 mil plantas/ha. La labranza reducida consistió en sustituir las dos escardas que da el productor por la aplicación de un herbicida preemergente. La cubierta vegetal se aplicó en forma manual una vez establecido el cultivo y cuando la planta tenía una altura de 10 cm, a razón de 6 ton/ha de rastrojo de maíz picado. El desespigue se realizó en preantesis en el 50% de la población de plantas. Todos los tratamientos se fertilizaron a la siembra según la fórmula 60-30-00.

Durante el desarrollo del cultivo se tomaron muestras de suelo (0-40 cm) para determinar su humedad por el método gravimétrico. La constante capacidad de campo (C.C.) y punto de marchitez permanente (P.M.P.) se estimaron, como lo describió Fernández (15) en 1988, por el método de riego

superficial de columnas de suelo y por el método del girasol, respectivamente. La densidad aparente del suelo se determinó con una muestra por tratamiento midiendo volumen y peso en campo. La velocidad de infiltración se obtuvo utilizando infiltrómetros de cilindro, un sitio por tratamiento, y haciendo registros cada cinco minutos por un período de dos horas, según las metodologías del mismo autor (15). Para el registro semanal de la lluvia se utilizaron pluviómetros de cuña.

De 10 plantas por tratamiento tomadas al azar, se obtuvo información acerca de: los días a floración masculina y femenina, y la altura de planta y de mazorca; estas dos últimas mediciones se tomaron desde el nivel del suelo a la base de la espiga y a la base de la inserción de la mazorca principal, respectivamente. Con 50 plantas por tratamiento se estimó la longitud, diámetro, peso de mazorca y peso de grano, tanto para plantas desespigadas como para sin desespigar. El número de éstas infértiles y acamadas, rendimiento de grano y rendimiento de rastrojo, se obtuvieron sobre el total de plantas por tratamiento. Cuando la población final de cada tratamiento difirió de la esperada (45 mil pl/ha), se aplicó la fórmula de Iowa para ajustar por plantas faltantes, tal y como lo indicó Reyes (31) en 1985. La superficie promedio cosechada como parcela útil fue de 160 m² por tratamiento. Se realizó análisis de varianza para cada variable observada y prueba de separación de medias (Tukey 5%) para tratamientos. Para discriminar tratamientos con base en sus costos, se realizó un análisis económico de acuerdo con la metodología propuesta por el CIMMYT (12) en 1985. Como etapa final, durante el ciclo PV-1996 en las localidades de Reyes Mantecón, Santo Domingo Barrio Bajo y Colonia Emiliano Zapata, se establecieron tres parcelas de validación en las que se comparó el tratamiento T-3 respecto a la siembra tradicional del productor (T-4).

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto conjunto de las prácticas agronómicas sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo del maíz

El remojado de semilla adelantó en 1.5 días la emergencia de plántulas (Cuadro 1). Esto coincidió con lo señalado por Casillas y Moreno (9) en 1994, acerca de coeficientes de velocidad de emergencia superiores en los tratamientos con remojado de semilla y siembra en húmedo; sin embargo, en el presente estudio las diferencias en la floración masculina y femenina no fueron tan significativas como lo consignado por los mismos autores (10) en 1994; esto debido posiblemente a que en siembras en seco o con baja humedad, los tratamientos con y sin remojado se comportan en forma muy similar. En 1995 no se tuvo suficiente humedad al momento de la siembra, lo

que originó una baja población de plantas, corroborándose las bajas respuestas cuando la humedad es limitante.

La variedad tolerante a sequía se comportó similar a los criollos y esto pudo deberse a que esta variedad, como lo citó Aragón (4) en 1994, fue formada con un 75% de material criollo de los Valles Centrales de Oaxaca.

CUADRO 1. EFECTO CONJUNTO DE LAS PRACTICAS AGRONOMICAS SOBRE EL CRECIMIENTO VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO DEL MAIZ. CAMPO EXPERIMENTAL VALLES CENTRALES DE OAXACA. CIRPS, INIFAP. P.V. 1994 Y 1995.

Núm. trat.	Días a			Altura planta (m)	Plantas (%)		Mazorca (cm)		Peso de (g)	
	Emergencia	Flor. masc.	Flor. fem.		Infértiles	Acamadas	Long.	Diám.	Grano +olote	Grano
1	5.5	69	72	2.29	5.9	13.9	12.7	4.3	109.9	94.1
2	5.5	67	70	2.18	19.2	17.2	12.0	4.2	94.5	80.6
3	5.5	68	70	2.02	24.7	10.4	12.3	4.2	97.3	83.7
4	7.0	68	71	1.99	32.0	9.8	12.0	4.0	92.5	79.4

La tendencia de una mayor altura de planta en los tratamientos con las prácticas agronómicas coincide con lo observado por Uribe (35) en 1986, en cuanto a que las plantas abonadas con 15 ton/ha de estiércol y sembradas a 1.2 m entre hileras, fueron significativamente más altas que las sembradas a 0.8 m y sin estiércol.

El porcentaje de plantas infértiles mostró una tendencia a la baja a favor de los tratamientos con las prácticas agronómicas en comparación con el testigo. Las prácticas agronómicas produjeron ligeramente mayor número de plantas acamadas (9.8%) respecto al testigo; esto guarda relación, en parte, con la componente labranza reducida, ya que bajo esta situación no se dan las dos escardas y, consecuentemente, hay mayor riesgo de acame.

La longitud, diámetro y peso de mazorca, así como el de grano mostraron una tendencia a mejorarse con estas prácticas. Estos resultados coinciden con las investigaciones de González *et al.* (17), quienes en 1984 refirieron que bajo condiciones adversas de producción, las pérdidas en rendimiento de grano se atribuyen a un decreciente tamaño y número de las mazorcas producidas por planta, que a su vez conducen a un menor número de granos por planta. De igual forma, Nesmith y Ritchie (24) en 1993 señalaron que el déficit de agua durante el período de llenado de grano del maíz causa

reducciones de 21 a 40% en el rendimiento de grano, siendo el peso del grano el componente más afectado.

Efecto conjunto de las prácticas agronómicas sobre el rendimiento de grano y de rastrojo del maíz

La variable rendimiento de grano fue significativa para tratamientos. La mayor producción de grano fue para el T-1, cuyo promedio en los dos años fue de 2.794 ton/ha. Los tres tratamientos con las prácticas agronómicas fueron similares entre sí y estadísticamente diferentes al testigo; en el primer año lo superaron con 469 kg/ha y en el segundo con 671 kg/ha (Cuadro 2).

CUADRO 2. EFECTO CONJUNTO DE LAS PRACTICAS AGRONOMICAS SOBRE EL RENDIMIENTO DE GRANO Y DE RASTROJO EN MAIZ. CAMPO EXPERIMENTAL VALLES CENTRALES DE OAXACA. CIRPS, INIFAP. P.V. 1994 Y 1995.

Núm. trat.	Rend. grano (ton/ha)		Rend. rastrojo (ton/ha)	
	1994	1995	1994	1995
1	2.513 a	3.075 a	6.168 a	6.506 a
2	2.815 ab	2.154 a	6.350 ab	6.134 a
3	2.638 abc	2.520 b	4.676 ab	5.395 a
4	2.186 c	1.912 b	4.215 b	5.341 a
Tukey (5%)	0.48	50.546	1.223	1.780
CV (%)	20.5	31.8	24.2	43.1

Esta información concuerda con lo obtenido por Asteinza y Espinosa en 1990 (6), quienes al aplicar fertilización (150-50-00), con acolchado (10 ton de paja/ha), y desespigue, más estercolamiento (60 y 120 ton/ha), obtuvieron un rendimiento de 8,026 kg/ha, superior en un 30.3% sobre la práctica del productor que no incluyó estos componentes (6,161 kg/ha). En este caso se puede concluir que el efecto conjunto de las prácticas agronómicas se vio reflejado, con una diferencia estadísticamente significativa, en la producción de grano a favor de los tratamientos T-1, T-2 y T-3 sobre la práctica del productor. En términos generales, los rendimientos de 1994 fueron 5% mayores respecto a 1995.

Los tratamientos mostraron diferencias significativas en cuanto a producción de rastrojo sólo en 1994. El tratamiento que registró la mayor producción de rastrojo respecto al testigo fue el T-1 (Cuadro 2). En promedio, los

tratamientos con las prácticas agronómicas superaron con 1,516 kg/ha al testigo en 1994 y con 670 kg/ha en 1995; estos resultados corroboran lo afirmado por Uribe (35) en 1986 sobre un consistente incremento en el rendimiento de rastrojo con dosis crecientes de estiércol hasta de 10 ton/ha.

Condiciones climáticas y del suelo durante los experimentos

Lluvia. Los registros de precipitación acumulada de junio a octubre indican que en 1994 hubo un total de 327.2 mm, mientras que en 1995 fueron 394.6 mm (Cuadro 3). Para conocer la magnitud de la sequía ocurrida en los experimentos, estos valores se compararon contra las normales climáticas del período 1976-1993 registradas por la estación meteorológica del Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, ubicada en Santo Domingo Barrio Bajo Etlá. De esta manera, durante el primer año se observó que la cantidad de lluvia fue 30.6% menor a lo que normalmente llueve, y en el segundo año fue 16.3% menor. La distribución de la lluvia fue bastante irregular (Figura 1).

CUADRO 3. INTENSIDAD DE LA SEQUIA DE ACUERDO CON LA CANTIDAD Y DISTRIBUCION DE LLUVIA (mm) DURANTE EL CICLO DE CULTIVO DEL MAIZ. CAMPO EXPERIMENTAL VALLES CENTRALES DE OAXACA, CIRPS, INIFAP. P.V.1994 Y 1995.

Mes	<u>Reyes</u>		<u>Sto.Dmgo.</u>		<u>Guelavía</u>		<u>Colonia</u>		<u>Promedio</u>		<u>Normales</u> 1976-1993
	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	
Jun.	54.0	7.0	194.4	27.1	48.6	63.9	89.3	29	96.6	31.7	129.6
Jul.	62.2	117.0	79.2	74.0	56.0	51.3	31.0	79.1	57.1	80.3	105.6
Ago.	13.6	90.7	141.1	266.6	69.5	126.8	113.2	101.2	115.0	196.3	99.3
Sep.	17.1	60.0	38.4	45.5	15.4	85.5	19.7	55.8	22.6	61.7	100.4
Oct.	30.5	15.0	40.8	43.4	27.4	24.6	44.8	15.6	35.9	24.6	36.3
Tota	299.8	489.7	494.2	456.6	216.9	352.1	29.8	280.7	327.2	394.6	471.2

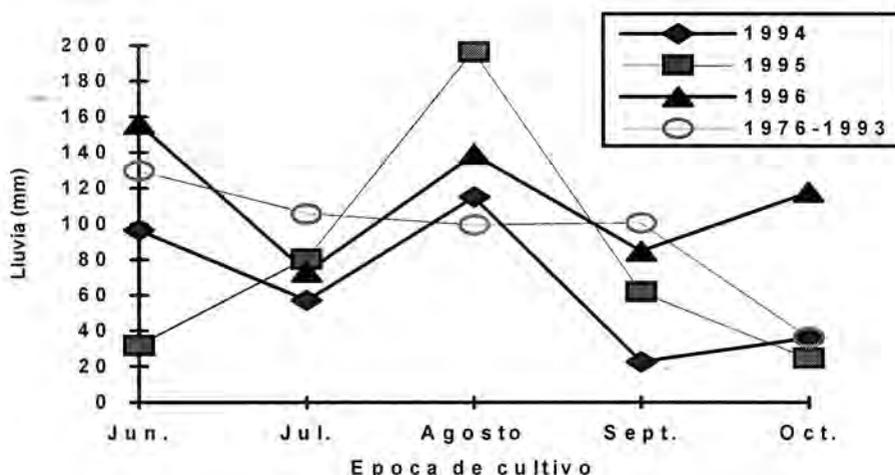


Figura 1. Cantidad y distribución de la lluvia durante la época de cultivo del maíz. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. CIR-Pacífico Sur. INIFAP. PV 1994-1996.

Humedad aprovechable (H.A.). Relacionando la distribución de la lluvia durante todo el ciclo del cultivo con la H.A. en el suelo, se aprecia que durante la siembra de 1994, fue de un 75.9% (Cuadro 4), condición aceptable para asegurar una buena población de plantas; esto confirma lo comentado por Mohanty y Sahoo (21) en 1994 de que no hay afectación ni diferencias significativas en la población real de plantas del maíz cuando la H.A. está entre un 75 y 100%. En cambio, durante la misma etapa en 1995 el maíz sólo dispuso de un 57.5% de H.A., lo que originó una población inicial deficiente que obligó a resembrar.

CUADRO 4. INTENSIDAD DE SEQUIA DE ACUERDO CON LA HUMEDAD APROVECHABLE DEL SUELO DURANTE EL CICLO DE CULTIVO DEL MAIZ. CAMPO EXPERIMENTAL VALLES CENTRALES DE OAXACA, CIRPS, INIFAP. PV 1994 Y 1995.

Etapa fenológica	Humedad aprovechable (%)		Promedio (%)
	1994	1995	
Siembra	75.9	57.5	66.7
Vegetativa	56.6	63.4	60.0
Reproductiva	54.2	85.3	70.9
Madurez fisiológica	49.3	76.9	63.1

En la etapa vegetativa la H.A. estuvo por arriba del 55%, considerándose aceptable para el desarrollo de las plantas. En la etapa reproductiva, la H.A. en 1994 fue de 54.2%, situación que afectó el rendimiento de grano, pues como indicó Cano (8) en 1994, desde 10 días antes y hasta el fin de la floración del maíz el suelo no debe bajar del 70%. En 1995 no se tuvieron problemas en esta etapa, ya que fue de 85.3%. En 1994 durante la etapa de madurez fisiológica, que comprende la formación y llenado del grano, se tuvo una H.A. limitativa de 49.3%, pues como lo citaron Hanks *et al.* (19) en 1978, en esas etapas es recomendable mantener la H.A. del suelo en un 50%. En 1995 no se tuvieron problemas porque este valor fue de 76.9%. En los análisis de varianza efectuados con los valores medios de H.A. de todo el ciclo del cultivo, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos con las prácticas agronómicas (H.A. promedio de 65.8%) y el testigo (63.1%); esto coincide con lo informado por Ruíz (32) en 1991, quien obtuvo contenidos de humedad ligeramente superiores en el tratamiento de tres plantas por mata respecto al de una planta por mata, pero sin diferencias significativas en ningún caso. También concuerda con lo manifestado por Aguirre *et al.* (1) en 1986, de que al aplicar 0 y 5 ton/ha de estiércol se tuvo estadísticamente el mismo contenido de humedad, es decir, 17.5 y 16.7%, respectivamente.

Densidad aparente y velocidad de infiltración. La densidad aparente no se vio influenciada por las prácticas agronómicas, pues las diferencias que existieron entre tratamientos no fueron significativas; los valores para T-1, T-2, T-3, y T-4 fueron 1.415, 1.416, 1.389, y 1.370 g/cm³, respectivamente (Cuadro 5); Esto marca una tendencia de que el suelo era un 2.6% más compacto en los tres primeros tratamientos respecto al testigo. Aunque las diferencias son numéricas, no coinciden con lo consignado por Muñoz *et al.*

(22) en 1990, en el sentido de que la densidad aparente y el índice de contracción se reducen conforme aumenta la dosis de estiércol por hectárea por año. Esto puede explicarse porque las diferencias a detectar en las mejoras de los suelos debido a estas prácticas normalmente son valores mínimos; por ejemplo, Zeng *et al.* (37) en 1994, en tratamientos con aplicación de estiércol en un mismo sitio durante nueve años observaron cambios favorables de un 0.03 a 0.1% en la densidad aparente y de 1.1 a 3.8% en la porosidad. En nuestro caso, la diferencia entre localidades fue estadísticamente significativa, observándose que la densidad aparente de Guelavía y Colonia Emiliano Zapata fueron 6.9 y 6% mayor respecto al valor medio del experimento; esto es razonable puesto que son las dos localidades en donde los suelos son de textura más gruesa (regosol y cambisol, respectivamente). Los sitios de Reyes Mantecón y Santo Domingo tuvieron los valores más bajos de densidad aparente, lo cual es normal puesto que corresponden a los suelos de texturas finas fluvisol y feozem, respectivamente.

CUADRO 5. DENSIDAD APARENTE Y VELOCIDAD DE INFILTRACION DE LOS SUELOS DONDE SE UBICARON LOS EXPERIMENTOS DE MAIZ. CAMPO EXPERIMENTAL VALLES CENTRALES DE OAXACA, CIRPS, INIFAP. PV 1994 Y 1995.

Tratamientos	Densidad aparente (g/cm ³)	Velocidad de infiltración (cm/hr)
T-1	1.415	10.6
T-2	1.416	8.0
T-3	1.389	13.6
T-4	1.370	13.7

La velocidad de infiltración no difirió en forma significativa entre tratamientos, teniéndose para T-1, T-2, T-3 y T-4 los valores de 10.6, 8.0, 13.6, y 13.7 cm/hr, respectivamente (Cuadro 5). En T-1 y T-2 la velocidad de infiltración fue 31.6% más lenta. Los valores altos de densidad aparente y los valores bajos en velocidad de infiltración en los tratamientos que incluyeron labranza reducida (T-1 y T-2), podrían indicar una tendencia a la compactación del suelo, lo cual coincide con lo observado por Ruíz (33) en 1992 en los Valles Centrales en varias parcelas de validación, en donde al término de una hora la velocidad de infiltración fue 25% menor en los tratamientos con labranza reducida respecto a la labranza convencional. A nivel de sitios, en Guelavía y Colonia Emiliano Zapata los valores fueron significativamente diferentes, siendo la velocidad de infiltración 58.1% mayor en los suelos regosol y cambisol en comparación con los fluvisol y feozem.

Análisis económico de los tratamientos

El análisis económico realizado con los componentes tecnológicos que implican modificaciones al sistema de producción tradicional, indica que los costos totales por estos conceptos fueron: \$ 870, 855, 407 y 265 para T-1, T-2, T-3 y T-4, respectivamente (Cuadro 6).

CUADRO 6. ANALISIS ECONOMICO DE LAS PRACTICAS AGRONOMICAS EN MAIZ DE TEMPORAL. CAMPO EXPERIMENTAL VALLES CENTRALES DE OAXACA, CIRPS, INIFAP. PV 1994 Y 1995.

Indicadores	T-1	T-2	T-3	T-4
Costos Variables (\$)	870	855	407	265
Rend. Grano Ajustado (ton/ha)	2.654	2.360	2.450	1.946
Rend. Rastrojo Ajustado (ton/ha)	5.069	4.676	4.324	3.844
Beneficio Neto (\$)	2,148	1,834	2,291	1,957
Tasa Marginal de Retorno (%)	56.2	29.3	508.3	

Con esta información y los beneficios netos se obtuvo el análisis de dominancia. T-1 y T-2 son tratamientos dominados, ya que el total de costos variables (\$855 y 870, respectivamente) son superiores a T-3, el cual con menor costo de inversión (\$407) ofrece un mayor beneficio neto (\$2,291). La tasa marginal de retorno (TMR) para cada tratamiento fue la siguiente: 508% para el cambio de T4 a T3 significando que el productor obtiene por cada peso invertido, una ganancia de cinco; 29% para el de T4 a T2 recuperando su peso invertido y ganando 0.29; y 56% por cambiar de T4 a T1, lo que significa que el tratamiento 3 es el más probable de ser aceptado por el productor en términos de eficiencia económica.

Validación del mejor tratamiento

Con base en la información obtenida hasta 1995 se seleccionó el tratamiento T-3, que implica las siguientes modificaciones sobre el sistema tradicional del productor: estercolar el terreno, remojar la semilla criolla, realizar la siembra a chorrillo y practicar el desespigue. Los resultados de las tres parcelas establecidas en 1996 confirmaron que el tratamiento T-3 fue superior al T-4 en un 10 y 2% en peso de grano y de rastrojo, respectivamente; mostró un 20% menos de plantas infértiles, y sus valores de longitud, diámetro y peso de mazorca fueron de 3 a 4% mayores (Cuadro 7). La cantidad (570.4 mm) y distribución de la lluvia durante 1996 (Figura 1), fueron muy favorables para la producción de maíz, teniéndose prácticamente un año sin sequía. Los datos regionales a nivel de experimento confirman lo anterior: en 1994 se logró un rendimiento medio de 2.538 ton/ha, en 1995 de 2.415 ton/ha y en 1996 de 3.668 ton/ha.

CUADRO 7. RESULTADOS DE LAS PARCELAS DE VALIDACION DE MAIZ CON LOS TRATAMIENTOS T-3 Y T-4. CAMPO EXPERIMENTAL VALLES CENTRALES DE OAXACA, CIRPS, INIFAP. PV 1996.

Variable	T-3	T-4
Rendimiento de grano (ton/ha)	3.846	3.491
Rendimiento de rastrojo (ton/ha)	4.048	3.962
Plantas infértiles (%)	4.4	5.5
Longitud de mazorca (cm)	13.2	12.8
Diámetro de mazorca (cm)	4.9	4.8
Peso de mazorca (g)	144.7	139.4

CONCLUSIONES

1. Durante la evaluación de los tratamientos llovió un 23.9% menos de lo normal. Por distribución, esto afectó mayormente las etapas reproductivas y llenado de grano en 1994, y siembra de emergencia en 1995. Comparando el valor medio de humedad aprovechable del suelo contra el valor mínimo requerido en cada etapa del cultivo, se tuvo un déficit de 14.3%.

2. Las prácticas agronómicas contribuyeron a mejorar las posibilidades de cosecha mediante una mayor velocidad de emergencia de plántulas, mayor altura, menos plantas infértiles y valores mayores para longitud, diámetro y peso de mazorca, así como para peso de grano y humedad aprovechable.
3. Las variables número de plantas acamadas, densidad aparente y velocidad de infiltración se vieron afectadas en forma negativa por las prácticas evaluadas, debido principalmente a la componente labranza reducida
4. Las prácticas agronómicas contribuyeron a que la producción de maíz fuera estadísticamente superior sobre el testigo, con un diferencial medio de 570 y 1,093 kg/ha de grano y rastrojo, respectivamente.
5. En términos de eficiencia económica, el tratamiento T-3 (aplicación de estiércol de bovino, remojado de semilla criolla, siembra a chorrillo y desespigue), es el más factible de adopción por parte del productor.

LITERATURA CITADA

1. Aguirre, B.M., Ferrera-Cerrato, R., Nuñez, E. R., y Etchevers, B. J.D. 1986. Microbiología de la degradación y evaluación agronómica del estiércol bovino. **Agrociencia** (64): 49-65.
2. Antezana, T. M., Anaya, G. M., Tovar, S. J.L. y Martínez, G. A. 1979. Influencia de la captación *in situ* de agua de lluvia, cobertura de rastrojo y fecha de siembra en la producción de maíz de temporal. **Agrociencia** (36): 179-189.
3. Aragón, C. F. 1993. **Prácticas agronómicas para disminuir los efectos de la sequía en maíz. Informe Anual de Experimentos.** Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. SARH-INIFAP-CIRPAS. p. 98-108.
4. _____. 1994. **Bolita-sequía, nueva variedad de maíz para condiciones de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca.** In: XV Congreso de Fitogenética. Monterrey N.L. México. p. 124. (Memoria).
5. Arellano, V. J. L. 1980. **Competencia entre y dentro de matas de los híbridos de maíz H-28 y H-129.** Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 48 p.
6. Asteiza, B. G. y Espinosa, C. A. 1990. **Efecto del acolchado, estercolamiento, fertilización y desespigue en la producción de maíz híbrido H-149 en condición de riego.** In: XIII Congreso Nacional de Fitogenética. Cd. Juárez, Chih. México. p. 383. (Memoria).
7. Barrón, C. J. L. 1987. **Efecto de sistemas de labranza primaria sobre plagas y malezas en maíz y frijol de secano en Durango.** Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 145 p.

8. Cano, G. M. A. 1994. **Determinación de calendarios de riego para maíz H-311 en los Valles Centrales de Oaxaca.** Informe anual de investigación 1993. SARH, INIFAP, CIRPS. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. p. 14.
9. Casillas, A. P. y Moreno N. A. 1994. **Efecto del prehumedecimiento de la semilla de maíz *Zea mays* L. sobre la emergencia.** In: XV Congreso Nacional Fitogenética. Monterrey, N. L. México. p. 429. (Memoria).
10. _____. 1994. **Efectos del prehumedecimiento de la semilla de maíz *Zea mays* L. sobre la floración.** In: XV Congreso Nacional de Fitogenética. Monterrey, N.L. México. p. 428. (Memoria).
11. Castellanos, R. J. Z. y Muñoz, V. J. A. 1987. **Efecto del estiércol de bovino sobre las características de un suelo arcilloso y el rendimiento de alfalfa.** SARH-INIA. México. 40 p. (Folleto de Investigación Núm. 68).
12. CIMMYT. 1985. **Introducción al análisis económico de experimentos en finca.** Programa de Economía, CIMMYT. México. 103 p. (Cuaderno de trabajo).
13. Christiansen, M.N. y Charles F. Lewis. 1987. **Mejoramiento de plantas en ambientes poco favorables.** Editorial Limusa. México. 534 p.
14. Espinosa, C. A. y Celis, G.H. 1987. Desespigamiento y despunte de variedades comerciales de maíz en los Valles Centrales de México. *Fitotecnia* (9): 3-12.
15. Fernández, G.R. 1988. **Manual de prácticas del curso: El agua en el sistema suelo-planta-atmósfera.** Colegio de Postgraduados. Centro de Hidrociencias. México. 73 p.
16. Fischer, K.S., E. C. Johnson y G. O. Edmeades. 1984. **Mejoramiento y selección de maíz tropical para incrementar su resistencia a la sequía.** CIMMYT. México. 23 p.
17. González, H.V.A., Ortiz, C.J. y Mendoza, O.L. 1984. Rendimiento de maíz y sus componentes en respuesta a diversas prácticas culturales y criterios de selección. *Agrociencia* (58): 101-112.
18. Guzmán, E. y Monjarás, A.F. 1982. **La materia orgánica en el suelo.** SARH-INIA-ClAPAC. Campo Experimental Costa de Jalisco. México. 201 p. (Publicación Especial Núm. 5).
19. Hanks, R.J., Sorensen, V. and Retta, A. 1978. Corn production under drought conditions. *Field Crop Abstracts* 31 (9): 548.
20. Kuruvadi, S., Piña, P. R. y Bustamante, G.L. 1992. **Humedecimiento de la semilla y su efecto sobre la germinación y características de plántula en frijol común.** In: XIV Congreso Nacional de Fitogenética. Tuxtla Gutiérrez, Chis. México. p. 601. (Memoria).
21. Mohanty, S.K. and Sahoo, N. C. 1994. The influence of sowing depth and soil moisture content on seedling emergence of some field crops. *Maize abstracts* 10 (2): 133.
22. Muñoz, V.J.A., Tovar, J. L., Ortiz, C. A. y Castellanos, R. J. Z. 1990. El uso del estiércol de bovino como mejorador de algunas propiedades de suelos arcillosos en la Comarca Lagunera. *Agrociencia* 1 (4): 127-143.

23. Luna, F.M. y J.R.Gutiérrez S.1993. Efectos de la selección familiar sobre la floración y componentes de rendimiento en maíz. **Rev. Fitotéc. Méx.** 16 (2): 151-160.
24. Nesmith, D.S. and Ritchie, J.T. 1993. Maize (*Zea mays* L.) response to a severe soil water-deficit during grain filling. **Maize abstracts** 9 (2): 116.
25. Onwualu, A. P. and Anazodo, V. G. N. 1990. Soil compaction effects on maize production under various tillage methods in a derived savannah zone of Nigeria. **Maize Abstracts** 6 (2): 137.
26. Ordaz, O.F. y Moreno D.R.1968. Efecto del espaciamento entre matas de maíz y rendimiento bajo diferentes niveles de fertilidad del suelo. **Agric. Téc. Méx.** 2 (9): 407-410.
27. Peña, R. A., Martín del Campo, V.S. y Jiménez, G.C. A. 1992. **Mejoramiento para resistencia a la sequía en maíz.** In: XIV Congreso Nacional de Fitogenética. Tuxtla Gutiérrez, Chis. México. p. 319. (Memoria).
28. Phillips, R. y Phillips, S. 1986. **Agricultura sin laboreo. Principios y aplicaciones.** Ediciones Bellaterra S. A. España. 316 p.
29. Ramírez, D. J. L. 1977. **Efecto de la eliminación de órganos sexuales sobre el rendimiento de maíz.** Tesis Profesional. ENA, Chapingo, México. 93 p.
30. Ramírez, P. F. 1983. **Uso consuntivo de cuatro cultivares en los Valles Centrales de Oaxaca.** In: XVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. México. p. 98.
31. Reyes, C.P. 1985. **Fitogenotecnia básica y aplicada,** México, AGT Editor, S.A. p. 362.
32. Rulz, V.J. 1991. **Caracterización de unidades de suelo por su velocidad de infiltración. Informe Anual 1990 de los experimentos desarrollados.** Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, SARH, INIFAP, CIRPS. p. 41-50.
33. _____. 1992. **Validación de labranza mínima en maíz de temporal.** Informe anual de experimentos 1991. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, SARH, INIFAP, CIRPS. p. 45-54.
34. Sawant, A.C., and Dayanand. 1993. Effects of some agronomic practices on the growth of rainfed maize in north India. **Maize Abstracts** 9 (6): 441.
35. Uribe, V. G.C. 1986. **Respuesta del cultivo de maíz a cinco factores controlables de la producción bajo temporal deficiente.** Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México. 124 p.
36. Villanueva, V. C., Ramírez, V.H. y Molina, G. J. D. 1992. **Comportamiento agronómico de variedades de maíz tolerantes a sequía en los Altos de Jalisco.** In: XIV Congreso Nacional de Fitogenética. Tuxtla Gutiérrez, Chis. México. p. 285. (Memoria).
37. Zeng, M. X., Jin, W. X., Yao, Y. X., and Yang, Y. F. 1994. Advantages of application of manure with chemical fertilizers in a long-term in situ experiment. **Maize abstracts** 10 (3): 212.