

PRODUCCIÓN DE MAÍZ BAJO TRES SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA COMBINANDO LABOREO Y ESTIERCOL DE BOVINO

RAINFED MAIZE PRODUCTION UPON THREE WATER HARVESTING SYSTEMS COMBINING TILLAGE AND BOVINE MANURE

José Luis Lara Mireles,
Eduardo A. Narro Farías,
Luis Miguel Lasso Mendoza,
Ma. Cristina Vega Sánchez
Departamento de Suelos.
Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro.
25315 Buenavista,
Saltillo, Coahuila. México.

RESUMEN

En la región Noreste de México existen problemas con la precipitación pluvial, que es escasa, errática y agrícolamente mal aprovechada. Con el propósito de aportar soluciones a esta problemática, se presentan aquí los resultados sobre la evaluación de sistemas para un mejor uso del agua. El trabajo de campo se realizó durante 1987 en dos localidades, una dentro de los terrenos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), denominado El Bajío, y otra en un sitio a 10 km al Sur de la primera, denominado La Encantada. Se estudiaron tres sistemas de laboreo en interacción con tres sistemas de captación de agua de lluvia y con la aplicación de estiércol de bovino en dosis de 0 y 20 t ha⁻¹. El cultivo utilizado fue el híbrido de maíz AN-310, de ciclo corto, en un diseño experimental de parcelas subdivididas, con distribución en bloques al azar, cuatro repeticiones, y arreglo de tratamientos en factorial 3x3x2. La precipitación durante el ciclo del cultivo fue de 350 mm en El Bajío y de 329 mm en La Encantada. En las dos localidades, las plantas en surco normal cubrieron el 50% de sus necesidades hídricas, y las ubicadas en microcuenca recibieron un promedio de 70%, lo que disminuyó el déficit hídrico en las etapas de floración y llenado de grano. En el Bajío, el mejor sistema de captación de agua fue el de surco modificado, el cual generó un rendimiento de materia seca de 587 g por planta y una producción de mazorca de 1312 Kg ha⁻¹ y superó al tratamiento testigo en 42%. Los tratamientos con subsuelo-barbecho-rastra combinados con área de escurrimiento alcanzaron la mayor producción. En La Encantada, el

tratamiento surco modificado también superó a los otros tratamientos. No hubo diferencia significativa entre labranzas en dosis de estiércol, pero la incorporación de éste al suelo incrementó la altura de planta y mazorca, área foliar, rendimiento de biomasa y producción de mazorca. El mejor sistema evaluado en El Bajío fue el subsuelo-barbecho-rastra con surco modificado y adición al suelo de estiércol de bovino, el cual propició un rendimiento de 1953 Kg ha⁻¹ de mazorca de maíz y superó a la siembra tradicional en 74%. En La Encantada, el mejor sistema fue el barbecho-rastra con surco modificado y aplicación de estiércol, con un rendimiento de mazorca de maíz de 2032 Kg ha⁻¹, que significó 90% más que la siembra tradicional.

Palabras clave: *Zea mays* L., agricultura de temporal, regiones áridas.

ABSTRACT

The rainfall in Northeast Mexico regions is scarce and erratically distributed requiring a better and adequate management for agricultural use. To learn about this problem a study was made to increase soil's water availability to plants, combining three water catchment systems with three tillage procedure and with or without bovine manure addition. The experiment locations were El Bajío, site in the agricultural station, inside The Antonio Narro Agrarian University (UAAAN) in Saltillo, state of Coahuila, Mexico, and La Encantada, 6 miles South to UAAAN. Water stress tolerant maize hybrid (AN-310) was the crop used. The experimental design was a split-split plot in randomized complete blocks, four replicates, with treatments arrangement of a 3X3X2 factorial. The tillage levels were: 1)subsoil-plough-harrow, 2)plough-harrow, 3)plough only; the water harvesting systems were: 1)normal furrowing, 80 cm apart each other, 2)modified furrow, 160 cm between them, with an individual dripping area, 3)water microcatchment of 6 furrows, 80 cm apart each other and a dripping area of 4.8 m wide. A ratio 1:1 for sown-dripping area was observed. Bovine manure soil incorporation dosage was 20 t ha⁻¹. El Bajío pluvial precipitation during the crop cycle was 350 mm, and 329 mm for La Encantada, both are insufficient for the crop water requirements which is 750 mm in those areas. The best treatment combination in El Bajío was the subsoil-plough-harrow with modified furrow and bovine manure addition, where maize yield was 1953 kg ha⁻¹, ear basis, which is 74% higher than traditional planting method. In La Encantada the best procedure was combining plough-harrow with modified furrow and bovine manure, reaching 2032 kg ha⁻¹, amount 90% higher than yield average with the traditional method.

Key words: *Zea mays* L., rainfed agriculture, water harvesting.

INTRODUCCIÓN

El Noreste de México, formado por los estados de Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Nuevo León y Tamaulipas, se caracteriza por tener grandes áreas de baja precipitación, consideradas como zonas áridas y semiáridas. En estas zonas, cada año aumentan las áreas con problemas de erosión en diferentes grados debido, entre otras cosas, al mal manejo del agua de lluvia; además, es frecuente observar abandono parcial o total de las tierras, por lo que se considera de gran importancia encontrar el mejor aprovechamiento del agua para uso agrícola.

En la atención a estas condiciones se han creado nuevas variedades o híbridos de maíz y otros cultivos, y se han mejorado las técnicas de cultivo, aunque todavía no se dispone de sistemas agrícolas de alta eficiencia para estas regiones de lluvias erráticas y deficientes, donde el alto costo del agua de riego, obtenida muchas veces de mantos fráticos profundos, limitan la producción agrícola y pecuaria.

La utilización de modalidades de labranza, aplicación de estiércol al suelo y el uso de diferentes sistemas de captación de agua de lluvia con fines de aumentar la cantidad de agua disponible para la planta, son una alternativa viable para mejorar su emergencia (Buhler *et al.*, 1996) y reducir los problemas de abastecimiento de agua a las plantas cultivadas y aumentar su productividad. En otro orden, la incorporación de estiércol de bovino mejora muchas características de los suelos agrícolas debido al aumento en el contenido de materia orgánica del suelo y al incremento en la capacidad de retención de humedad disponible (Narro, 1994); este material es barato y fácil de adquirir, por lo que se le considera una alternativa importante en la región.

En este estudio se analizan conjuntamente los efectos de laboreo y la adición de materia orgánica en varios sistemas de captación de agua de lluvia para generar un incremento en la disponibilidad de agua para la planta en zonas de baja precipitación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se estableció durante 1987 en dos localidades, una en el campo experimental El Bajío de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), cuyas coordenadas geográficas son: 25°22'41" latitud Norte y 101°00'00" longitud Oeste, con una altitud de 1743 msnm, la segunda localidad se ubicó en un sitio 10 km al Sur de la UAAAN, denominado La Encantada, rancho El

Encino, que se localiza a 25°17'44" longitud Norte y 101°06'14" longitud Oeste, con una altitud de 1920 m.

El tipo de clima para El Bajío es Bwhw(x')(c), definido como muy seco, semicálido, con invierno fresco, extremoso, con lluvias de verano y precipitación invernal superior al 10% del total, con una temperatura media anual de 16.8°C y precipitación total media anual de 462.9 mm.

El clima de La Encantada, según Koeppen, modificado por García (1980) para las condiciones de México, presenta el tipo BS₁ Kx', que corresponde a un clima semiseco, semicálido con lluvias escasas todo el año, con una precipitación invernal mayor de 18% y verano caliente, con una temperatura media anual de 14.3°C, una precipitación pluvial total anual de 307.2 mm y la media mensual de 25.6 mm, datos de la Estación Agrometeorológica en Buenavista, Coahuila, publicados en el Boletín Meteorológico de la UAAAN, de 1968 a 1982.

Durante el desarrollo de este experimento, la precipitación pluvial fue muy escasa y con una distribución irregular, para ambas localidades. La precipitación ocurrida durante el ciclo vegetativo en El Bajío fue de 350.2 mm y de 329.3 mm en La Encantada. La temperatura media ocurrida durante el ciclo vegetativo fue de 20.4°C.

Se estudiaron los efectos del laboreo y la aplicación de estiércol de bovino en tres sistemas de captación de agua de lluvia para generar incrementos en la disponibilidad de agua para la planta en zonas de baja precipitación; el cultivo utilizado fue el híbrido de maíz AN-310, de ciclo corto, generado por el Instituto Mexicano del Maíz de la UAAAN.

En la fase experimental se utilizó un arreglo de tratamientos factorial 3x3x2, dispuesto en parcelas subdivididas y una distribución en bloques al azar, con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron como sigue:

En la parcela grande se ubicaron los sistemas de labranza:

Subsuelo-Barbecho-Rastra (SBR).

Barbecho-Rastra (BR).

Barbecho (B).

La parcela mediana correspondió a los sistemas de captación de agua:

Surcado normal, 80 cm de separación entre surcos (N).

Surcado modificado, 160 cm de separación entre surcos, con área de escurrimiento individual (SM).

Microcuencia de 6 surcos, 80 cm de separación entre ellos, con una área de escurrimiento de 4.8 m de ancho (M).

La relación área de siembra - área de escurrimiento, para los tratamientos fue de 1:1.

La parcela chica correspondió a la aplicación de mejorador: sin (S) y con estiércol seco de bovino (C), en dosis de 20 t ha⁻¹.

La siembra del AN-310 se llevó a cabo el 9 y el 15 de mayo en el ciclo primavera-verano de 1987, la primera fecha corresponde a La Encantada y la segunda a El Bajío. Se sembró a mano, a tierra venida, después de las primeras lluvias a una profundidad de 3 a 4 cm con una densidad de 42,000 plantas ha⁻¹ en el tratamiento testigo, y de 21,000 plantas ha⁻¹ en los tratamientos con área de captación de agua de lluvia.

Para calcular el agua disponible por planta, se adicionó la cantidad de agua captada en el área de escurrimiento a la cantidad llovida sobre el área de siembra. Para este cálculo sólo se tomó en cuenta las lluvias que excedieron los 5 mm. Lluvias inferiores a éstas no producen escurrimiento. Se utilizó el coeficiente de escurrimiento de 0.5 para realizar estos cálculos.

La eficiencia del uso del agua se calculó dividiendo la producción de grano en g por planta entre el volumen de agua disponible por planta; para la eficiencia en el uso del agua por hectárea se dividió el rendimiento de grano en kg ha⁻¹ entre la cantidad de agua precipitada por hectárea; además, se relacionó con la materia seca producida, de tal manera que se obtuvieron unidades de biomasa total por unidad de agua aplicada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el ciclo de cultivo, la precipitación pluvial de 350.2 mm en El Bajío y de 329.3 mm en La Encantada fue insuficiente para satisfacer los requerimientos hídricos del cultivo de maíz, que es de 750 mm para la región donde se realizó el estudio.

La captación de agua disponible para la planta fue más eficiente en los tratamientos con microcuenca, con una cantidad de agua disponible de 111.2 L por planta en El Bajío, y de 116.2 L por planta en La Encantada, con una eficiencia mayor de 40 y 32%, respectivamente, en comparación al testigo, en el cual se dispuso de 79 L; es decir, el uso de microcuencas incrementó la disponibilidad de agua por planta, lo cual se manifiesta en los balances hídricos y en la eficiencia del uso de agua (Cuadros 1,2,3 y 4).

Los tratamientos sin área de escurrimiento cubrieron sólo 50% de las necesidades hídricas del cultivo mientras que los tratamientos con microcuenca individual tuvieron un promedio de 70% en ambas localidades, lo que redujo el déficit hídrico en las etapas de floración y llenado de grano (Cuadros 1 y 2).

En El Bajío, el tratamiento sin microcuenca (tradicional) tuvo 79.44 L por planta y los tratamientos con microcuenca tuvieron 111.28 L, es decir, 40% más que el testigo.

En La Encantada, el tratamiento testigo tuvo 79 L por planta y los tratamientos con microcuenca tuvieron 116.2 L por planta disponibles, 32% más que en el primero.

Resultados similares son reportados por Tovar (1977) quien menciona que el uso de microcuencas de captación incrementa la disponibilidad de agua por planta.

Cuadro 1. Uso consuntivo, precipitación y balance hídrico para cada etapa fenológica del maíz AN-310, según tratamientos. Localidad El Bajío.

Etapa fenológica	Testigo			Tratamiento con área de escurrimiento	
	¹ Uso consuntivo (mm)	Agua disponible (mm)	Balance hídrico (mm)	² Agua disponible (mm)	Balance hídrico (mm)
Crecimiento	452.52	235.40	-217.12	329.60	-122.92
Floración	43.32	14.40	-28.92	14.40	-28.92
Formación grano	94.37	48.80	-45.57	68.15	-26.22
Madurez	64.48	32.40	-32.08	44.00	-20.48
Total	654.69	331.00	-323.69	456.15	-198.54
Agua disponible, %	100	50.56	49.44	69.67	30.33

1 Calculado por el método de Blaney y Criddle.

2 Considerando un coeficiente de escurrimiento del 0.5 para eventos mayores de 5 mm de precipitación.

Cuadro 2. Uso consuntivo, precipitación y balance hídrico para cada etapa fenológica del maíz AN-310, según tratamientos. Localidad La Encatada.

Etapa fenológica	¹ Uso consuntivo (mm)	Testigo		Tratamiento con área de escurrimiento	
		Agua disponible (mm)	Balance hídrico (mm)	² Agua disponible (mm)	Balance hídrico (mm)
Crecimiento	452.52	237.10	-215.42	351.50	-101.02
Floración	43.32	16.40	-26.92	24.60	-18.72
Formación grano	94.37	28.60	-65.77	39.65	-54.77
Madurez	64.48	47.20	-17.28	68.40	3.92
Total	654.69	329.30	-325.39	484.10	-170.59
Agua disponible, %	100	50.30	49.70	73.94	26.06

1 Calculado por el método de Blaney y Criddle.

2 Considerando un coeficiente de escurrimiento del 0.5 para eventos mayores de 5 mm de precipitación.

Eficiencia en el Uso del Agua

En general, los tratamientos con microcuenca mostraron mayor eficiencia en el uso del agua que el tratamiento testigo en cuanto a rendimiento de mazorcas por planta y mazorcas por hectárea, (Cuadros 3 y 4); esto se logró añadiendo un área de escurrimiento de 0.80 m al surco normal de siembra, dando una relación área de escurrimiento-área de siembra de 1:1. Anaya y Tovar (1974) mencionan que la eficiencia en el uso del agua fue máxima en el tratamiento con área de escurrimiento y mínima en el tratamiento sin área de escurrimiento debido a las diferencias en la humedad disponible por planta, lo cual concuerda con los resultados de este trabajo.

Cuadro 3. Eficiencia en el uso del agua de los diferentes tratamientos en la producción de materia seca, rendimiento de mazorca por planta y por hectárea. Localidad: El Bajío, Buenavista.

Tratamiento	Eficiencia en el uso del agua ¹		
	Materia seca/planta g L ⁻¹	Rendimiento de mazorca/planta g L ⁻¹	Rendimiento de mazorca/ha Kg m ⁻³
Surco normal (SN)	5.24	0.23	0.230
Microcuenca (M)	4.57	0.42	0.300
Surco modificado (SM)	5.28	0.56	0.396

¹ EUA = Rendimiento/Volumen de agua (Kg m⁻³).

Cuadro 4. Eficiencia en el uso del agua de los diferentes tratamientos en la producción de materia seca, rendimiento de mazorca por planta y por hectárea. Localidad: La Encantada.

Tratamiento	Eficiencia en el uso del agua ¹		
	Materia seca/planta g L ⁻¹	Rendimiento de mazorca/planta g L ⁻¹	Rendimiento de mazorca/ha Kg m ⁻³
Surco normal (SN)	0.92	0.62	0.13
Microcuenca (M)	0.99	0.49	0.17
Surco modificado (SM)	1.36	0.75	0.34

¹ EUA = Rendimiento/Volumen de agua (Kg m⁻³).

Por lo que se refiere a las características agronómicas relacionadas con el contenido de humedad en el suelo, en las dos localidades, cuando existen precipitaciones altas, los tratamientos con área de captación incrementan el contenido de humedad y minimizan la diferencia cuando no hay precipitación pluvial, donde el tratamiento de surco modificado es el que presenta mayor estabilidad en el contenido de humedad (Figuras 1 y 2). La aplicación de estiércol bovino no tuvo influencia alguna, probablemente por la baja dosis aplicada (20 t ha⁻¹).

Localidad El Bajío

En el análisis de varianza de las características agronómica y rendimiento de las dos localidades, se encontró que los sistemas de captación presentaron diferencias ($P < 0.05$) en las variables: días a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, área foliar, peso de materia seca y rendimiento de mazorca en t ha⁻¹ al 15.5% de humedad (Cuadros 5 y 6), lo cual se atribuye a efectos de deficiencia hídrica de diferentes magnitudes en los tratamientos (Hsiao, 1973).

En esta localidad, el mejor sistema de captación de agua de lluvia fue el surco modificado, ya que tuvo un área foliar de 2,920 cm² por planta, un rendimiento de materia seca de 587.2 g por planta y una producción de mazorca de 1311.8 kg ha⁻¹, el cual superó en 41.8% al rendimiento del testigo, el que produjo 763.8 kg de mazorca por ha. Este incremento se atribuye a la mayor disponibilidad de agua por planta en tratamientos con área de escurrimiento, al igual que lo reportado por Tovar (1977) quien señala los beneficios de microcuencas en el cultivo de maíz.

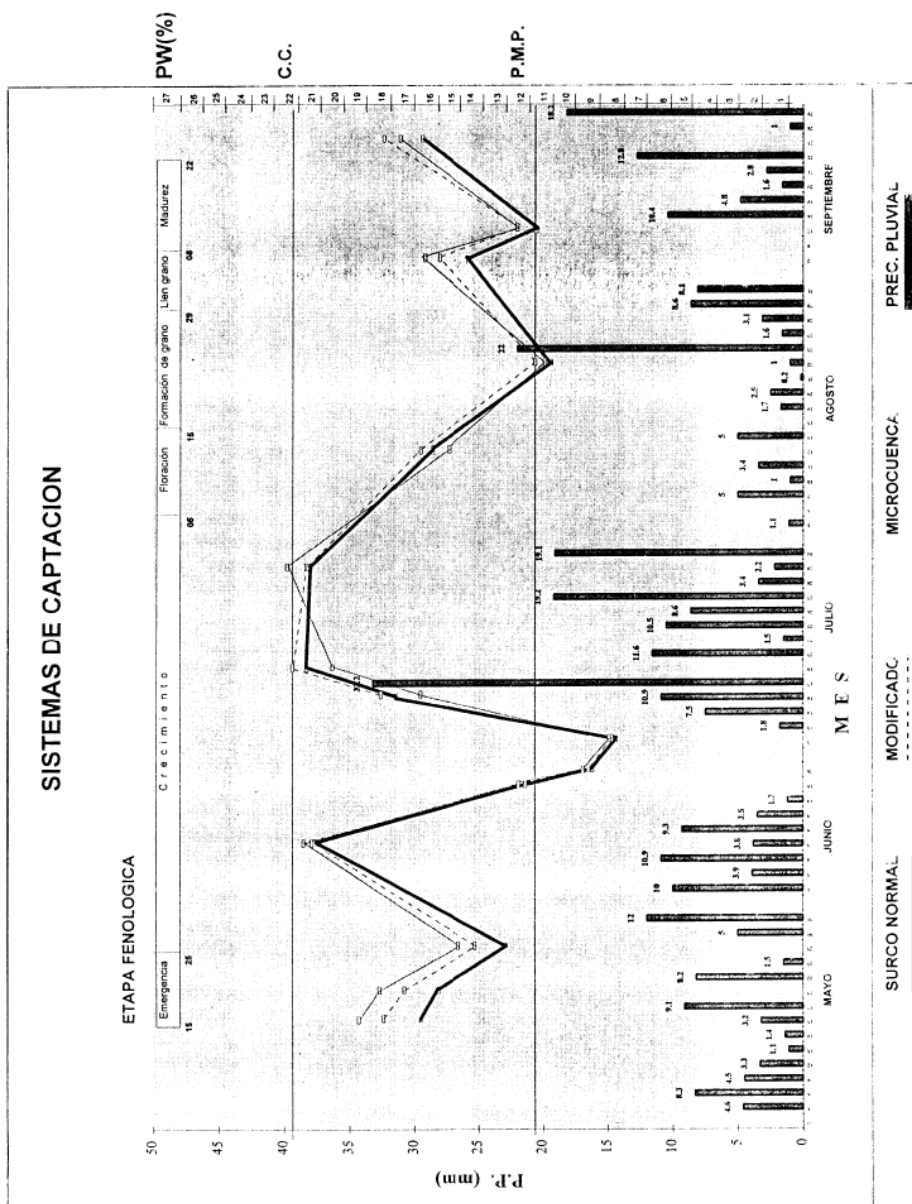


Figura 1. Gráfica del comportamiento de la humedad en el suelo en los diferentes sistemas de captación a una profundidad de 0-30 cm y precipitación pluvial durante el ciclo de híbrido de maíz AN-316. Datos de la primera localidad "El Bajío".

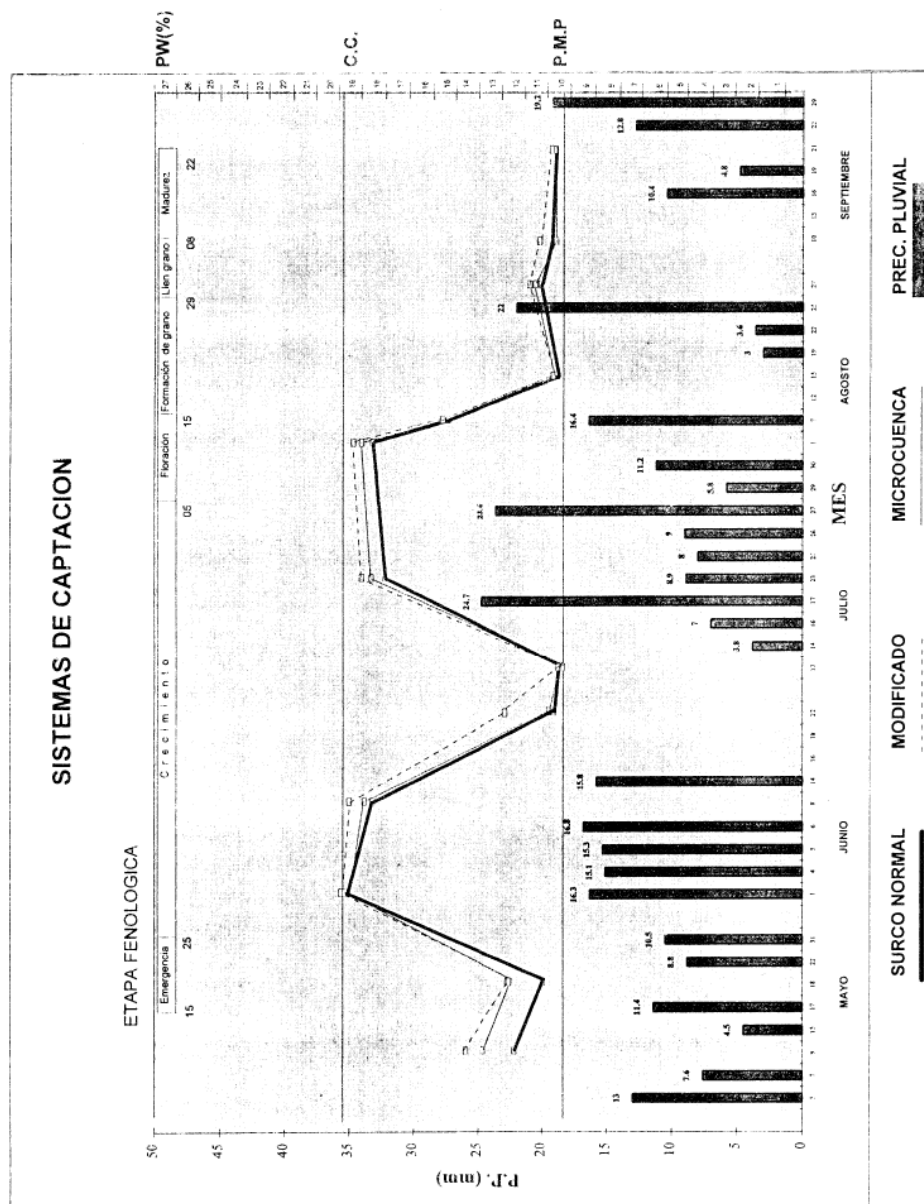


Figura 2. Gráfica del comportamiento de la humedad en el suelo en los diferentes sistemas de captación a una profundidad de 0-30 cm y precipitación pluvial durante el ciclo del híbrido de maíz AN-310. Datos de la segunda localidad "La Encantada".

Cuadro 5. Concentración de Cuadros Medios de las características agronómicas y rendimiento de la localidad El Bajío.

Fuentes de Variación	g.l.	Días a floración		Altura (cm)		Área foliar cm ² /planta	Materia seca (g)	Rendimiento de mazorca t ha ⁻¹ (1)
		Masculina	Femenina	Planta	Mazorca			
Bloques	3	1.667	1.865	664.4*	126.8	2156885.3	195874.7**	1.616
Labranza	2	3.422	3.719	138.2	13.0	206128.0	42773.0	3.709
Captación	2	25.188**	25.594**	3518.6**	310.9**	4238352.0**	192951.0**	1.830**
Error A	6	0.875	0.901	27.2	25.3	257610.7	19894.3	0.292
Error B	18	0.403	0.479	32.8	25.2	348688.4	25868.2	0.244
Mejorador	1	18.000**	30.688**	953.7**	425.3**	1360128.0**	16320.0	0.596
Labranza-captación	4	1.429*	1.727*	96.5	42.9	288580.0	25295.0	0.303
Labranza-mejorador	2	2.391	2.063	78.0	46.1	264464.0	7101.0	0.244
Captación-mejorador	2	1.781	4.031*	75.5	1.3	1392784.0*	8697.0	0.443
Lab-Cap.-mejorador	4	2.414*	1.625	121.2	86.7*	486504.0	7238.5	0.95
Error C	27	0.741	0.894	54.7	22.9	283035.3	17834.9	0.23
C.V.		1.100	1.200	6.0	8.9	20.2	26.7	47.000

* Significativo al nivel 0.05 de probabilidad.

** Significativo al nivel 0.01 de probabilidad.

(1) al 15.5% de humedad del grano.

Cuadro 6. Concentración de Cuadros Medios de las características agronómicas y rendimiento de la localidad La Encantada

Fuentes de Variación	g.i.	Días a floración:		Altura (cm)		Área foliar cm ² /planta	Materia seca (g)	Rendimiento de mazorca t ha ⁻¹ (1)
		Masculino	Femenina	Planta	Mazorca			
Bloques	3	2.240	4.094	1040.3	87.495	245152.0	7830.1*	0432.*
Labranza	2	6.797	10.000	390.3	25.93	163664.0	3029.0	1.047*
Captación	2	11.297**	12.922**	3348.2**	813.008**	2525136.0**	43929.9**	3.105**
Error A	6	1.172	1.938	187.4	34.466	428160.0	584.6	0.046
Error B	18	1.785	2.047	462.4	115.394	305815.1	1060.5	0.078
Mejorador	1	1.125	3.563	1096.7	260.672	50592.0	27.1	0.013
Labranza-captación	4	2.328	2.836	313.4	116.309	435192.0	4647.1*	1.289**
Labranza-mejorador	2	1.047	3.781	95.4	66.938	205872.0	2658.6*	0.276*
Captación-mejorador	2	0.547	0.453	94.4	98.859	122288.0	301.7	0.017
Lab-Cap -mejorador	4	0.703	1.305	150.4	105.09	775744.0*	1919.6*	0.161*
Error C	27	1.162	1.806	475.0	84.588	220323.6	605.4	0.053
C.V.		1.466	1.767	20.6	21.149	22.5	21.34	32.800

* Significativo al nivel 0.05 de probabilidad.

** Significativo al nivel 0.01 de probabilidad.

(1) al 15.5% de humedad del grano.

Las diferencias entre tratamientos se generaron principalmente debido a la ocurrencia de un periodo de sequía durante las etapas de floración y llenado de grano, en el cual los tratamientos con área de escurrimiento dispusieron de mayor humedad para las plantas, lo que amortiguó el estrés hídrico durante estas etapas, tal como lo señala Hsiao (1973). De lo contrario, si la precipitación pluvial se distribuye apropiadamente durante el ciclo de cultivo y en monto suficiente para satisfacer los requerimientos de las plantas, al incrementar la distancia entre surcos se reduce el rendimiento de cosecha (Terrazas, 1973).

Los tratamientos con subsuelo-barbecho-rastra, combinados con un área de escurrimiento, alcanzaron mayor producción debido al acondicionamiento del área de desarrollo de las raíces mediante la labranza profunda. Phillips y Young (1979) indican que el subsuelo no voltear el prisma de tierra ni altera la coyuntura química-biológica pero facilita la dinámica de fluidos, especialmente la penetración del agua. Adeoye (1982) reporta que la labranza profunda incrementa la producción de maíz.

Localidad La Encantada

Al igual que en El Bajío, el tratamiento con área de escurrimiento individual superó a los otros tratamientos con más de 50% en el rendimiento de mazorca en $t\ ha^{-1}$. También, los tratamientos con labranza profunda presentan mayor rendimiento debido al incremento en la capacidad de retención del agua en el suelo. El subsuelo en La Encantada no muestra los mismos beneficios que en El Bajío debido probablemente al tipo de suelo, ya que en éste tiene textura migajón y en La Encantada es migajón arcillo-arenoso. Parker y Amos (1982) indican que los beneficios de la práctica del subsuelo dependen del tipo de éste y concluyen que en suelos arenosos no tiene efecto benéfico, lo cual coincide con los resultados de este estudio.

Análisis Combinado de las Dos Localidades

Prácticamente el cultivo se desarrolló en las mismas condiciones en las dos localidades y la diferencia significativa en el rendimiento por tratamientos tuvo como su principal factor de variación a la adición de un área de escurrimiento al surco normal de siembra, lo cual aumentó el agua disponible para las plantas e incrementó la eficiencia en su uso. La relación 1:1, área de

siembra-área de cultivo, fue la adecuada para la zona, según los resultados obtenidos y a la ecuación propuesta por Anaya *et al.* (1978).

No se encontró diferencia estadística en cuanto a la ausencia o presencia de 20 t de estiércol de bovino al suelo, pero se observó que su incorporación generó un ligero incremento en la altura de planta y mazorca, área foliar y rendimiento de biomasa, ya que la materia orgánica en el suelo aumenta la actividad biológica y la disponibilidad de algunos nutrientes, según Stewart (1982), y al incremento en la capacidad de retención de humedad por el suelo y reducción de la evaporación, según lo reporta Castellanos (1985).

En las dos localidades, bajo las condiciones del presente trabajo, la adición de estiércol de bovino no generó incrementos directos en el rendimiento, debido a que la dosis aplicada fue baja, o no hubo el tiempo suficiente o condiciones necesarias para descomponerlo y obtener mayores efectos. Esto concuerda con Castellanos (1985) y Stewart (1982) que mencionan que al añadir estiércol al suelo mejora las propiedades físicas y químicas de éste e incrementa la retención de humedad, pero el grado de estos cambios, es a menudo muy pequeño y no es posible demostrar su beneficio en uno o dos ciclos de cultivo, especialmente en suelos tratados con pequeñas cantidades de desechos orgánicos.

El mejor sistema evaluado fue el subsuelo-barbecho-rastra con surco modificado y con adición de estiércol de bovino (SBRSMC) con un rendimiento de 1,953 kg ha⁻¹ de mazorca de maíz, en la localidad de El Bajío superando a la siembra tradicional en 74%, mientras que en la localidad La Encantada el mejor fue el barbecho-rastra con surco modificado y aplicación de estiércol (BRSMC) con un rendimiento de mazorca de maíz de 2,032 kg ha⁻¹, con 90% más que la siembra tradicional (BRNS).

CONCLUSIONES

La utilización de un área de escurrimiento en surco normal (con 21,000 plantas por ha) superó a la siembra tradicional (surcado a 80 cm de separación entre surcos con 42,000 plantas por ha), debido a la mayor humedad disponible y mejor eficiencia en el uso del agua.

Los diferentes sistemas de labranza no muestran diferencia significativa. El tratamiento más económica fue el barbecho solo.

La aplicación de 20 t de estiércol bovino al suelo generó un incremento en la altura de planta y mazorca, área foliar y rendimiento de biomasa y producción de mazorca, pero no favoreció significativamente el rendimiento.

LITERATURA CITADA

- Adeoye, K.B. 1982. Effect of tillage depth on physical properties of a tropical soil and yield of maize, sorghum and cotton. *Soil Tillage*.
- Anaya, G.M., J.L.S. Tovar. 1974. Harvesting water with different soil treatments for radish production in the México Valley. *Proceeding of the Water Harvesting Symposium*. Phoenix, Arizona. U.S.A. pp. 315-319.
- Anaya, G.M., J.L.S. Tovar, A.L. Macías. 1978. Métodos de Captación de Lluvias para Zonas Agrícolas con Temporal Deficiente. C.P. de Chapingo, Méx.
- Buhler, D.D., T.C. Mester, K.A. Kohler. 1996. The effect of maize residues and tillage on emergence of *Setaria faberi*, *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium album*. *Weed Research*. 36(2): 153-165.
- Castellanos, J.Z. 1985. El Medio ambiente físico del suelo y su modificación mediante la aplicación de materia orgánica. Serie de temas didácticos, Publicación especial No. 2. Soc. Mex. de la Ciencia del Suelo, Delegación Laguna, Torreón, Coah. 36p.
- García, E. 1980. Climatología. 3ª. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 153p.
- Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stresses. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24:519-570.
- Narro F., E. 1994. Física de Suelos. Con Enfoque Agrícola. Editorial Trillas, México. 195p.
- Parker, J.C., D.F. Amos. 1982. Subsoiling effects on four seed orchard soils. *Soil Tillage R.* 2:53-66.
- Phillips, S.H., H.M. Young. 1979. Agricultura sin Laboreo, Labranza Cero. Ed. Hemisferio Sur.

- Stewart, B.A. 1982. El efecto del estiércol sobre la calidad del suelo. En: Castellanos, J.Z. y J.L. Reyes C. (editores). Memorias del Primer Ciclo Internacional de Conferencias sobre la Utilización del Estiércol en la Agricultura, Torreón, Coah. Méx. 154p.
- Terrazas G., J.L. 1973. Captación y Conservación "in situ" del Agua de Lluvia para el Cultivo del Girasol en la Zona Oriental del Estado de México. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura., Chapingo, México.
- Tovar, S.J.L. 1977. Captación y Aprovechamiento del Recurso Lluvia como una Alternativa para la Producción de Grano y Forraje de Maíz en Zonas de Temporal Deficiente. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Posgraduados de la Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. 312 p.