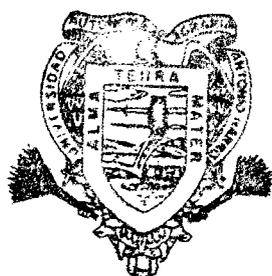


COMPARACION DE CINCO NIVELES DE  
LABRANZA Y TRES ESPACIAMIENTOS ENTRE  
SURCOS CON RESPECTO A  
INVERSION-PRODUCCION EN MAIZ  
(Zea mays L.) DE TEMPORAL

ISRAEL LOREDO CRUZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
ESPECIALIDAD DE RIEGO Y DRENAJE



Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAH.  
ENERO DE 1987

COMPARACION DE CINCO NIVELES DE LABRANZA Y TRES ESPACIAMIENTOS  
ENTRE SURCOS CON RESPECTO A INVERSION-PRODUCCION  
EN MAIZ (Zea mays L.) DE TEMPORAL

ISRAEL LOREDO CRUZ

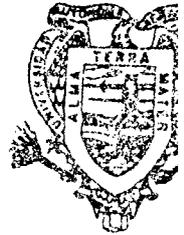
TESIS

Presentada como requisito parcial  
para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias  
Especialidad de Riego y Drenaje

Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro  
Programa de Graduados  
Buenavista, Saltillo, Coah.  
Enero de 1987

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de

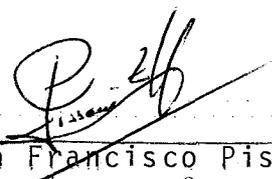
MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD  
RIEGO Y DRENAJE



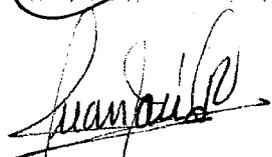
BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REYES  
BANCO DE  
U.A.A.A.

COMITE PARTICULAR

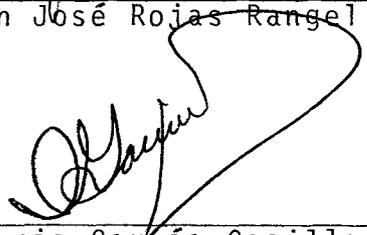
Asesor Principal:

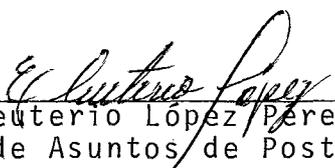
  
Dr. Juan Francisco Pissani Zuñiga

Asesor:

  
M.C. Juan José Rojas Rangel

Asesor:

  
M.C. Ignacio García Casillas

  
Dr. Eleuterio López Pérez  
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila Enero de 1987

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Juan Francisco Pissani Zúñiga, por su orientación y auxilio durante mis estudios de Postgrado y particularmente en la planeación, ejecución y conclusión del presente trabajo.

Al M.C. Juan José Rojas Rangel, quien me brindó su amistad y me estimuló para el logro de mis objetivos.

Al M.C. Ignacio García Casillas, quien pusiera tanto empeño e interés en la revisión de esta obra.

Al M.C. Víctor Samuel Peña Olvera, por su orientación y decidido apoyo moral y aporte de ideas en la conclusión de esta obra.

Al C. L.P. Juan Manuel Rodríguez Becerra, por su decidido apoyo al concederme tiempo para lograr la realización del presente trabajo.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en cuyas aulas e instalaciones abrevé del acervo de conocimientos y experiencias que han acumulado sus maestros durante varias décadas.

A mis compañeros de trabajo del CBTA N° 159 de Cd. del Maíz S.L.P.

## DEDICATORIAS

mis hijos Israel, Jade Berenice y Eliud Natanael, en los que me inspiro para superarme cada día.

mi esposa, Silvia, quien me brinda su apoyo y comprensión en la vida diaria.

a mis padres, José Loredo Ortiz y Ma. Dolores Cruz de Loredo, quienes contribuyeron en la formación de lo que soy hoy.

mis hermanos Espiridión, J. Refugio, Sara, Daniel, Eusebio y Elías.

## COMPENDIO

Comparación de Cinco Niveles de Labranza y Tres Espaciamientos entre surcos con Respecto a Inversión-Producción en Maíz (Zea mays L.) de Temporal

POR  
ISRAEL LOREDO CRUZ

MAESTRIA  
RIEGO Y DRENAJE  
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MAYO DE 1986

Dr. Juan Francisco Pissani Zúñiga - Asesor -

Palabras clave: Niveles labranza, espaciamento surcos, inversión, producción, maíz temporal.

Este trabajo fue realizado durante el ciclo agrícola primavera-verano 1981, en un terreno localizado a tres kilómetros al Norte de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el municipio de Saltillo.

El objetivo a lograr en el trabajo fue evaluar las interacciones entre los cinco niveles de labranza y tres espaciamientos entre surcos en la producción de maíz de temporal.

Los niveles de labranza que se probaron fueron la tradicional arado-rastra, subsuelo-arado, rastra-arado-rastra, subsuelo-rastra-aradura y mínimo laboreo, que consistió en dar un paso con el subsuelo, la variación del espaciamiento entre surcos fue de 65, 90 y 115 cm, considerando al de 65 cm como surco normal, que tradicionalmente utilizan los campesinos en este cultivo y 115 cm como resultado de la aplicación de la ecuación del desierto propuesta por Velasco (1979).

En el análisis estadístico no se encontró diferencia significativa entre tratamientos. Pero en el análisis económico el tratamiento subsuelo-arado fue el más conveniente para el agricultor.

La fórmula del desierto no demostró su mejor aplicabilidad debido a que la lluvia no fue suficiente ya que solamente alcanzó el 50 por ciento de la media de 12 años para el período considerado.

El rendimiento y la respuesta a los tratamientos no fue la que se esperaba porque no hubo oportunidad de aplicar fertilizantes debido a que los niveles de humedad no fueron adecuados, quedando el cultivo a expensas de los nutrientes del suelo empobrecido.

## ABSTRACT

This research was carried out in the spring growing season of 1981 near the UAAAN, four kilometers south of Saltillo.

In this area the weather is dry or arid and the soil is moderately alkaline with clay-marrow substance.

The objective of this experiment was to evaluate the effects and relationships between five levels of tillage and three row spacings on non-irrigated corn yield.

The tillage levels used were the traditional plow harrow, subsoil plow harrow-plow and harrow, subsoil-harrow plow and a minimum tillage which consist of subsoiling once the variation of the row spacings were 65, 90 and 115 cm, considering 65 cm like a normal row being the one used by farm men for this crop and 115 cm row spacing as a result of Dr. Velasco desert formule.

There was no significant response between the treatments in the analysis, however the economical analysis of the treatment subsoil-plow was the most convenient for the farmer.

The desert formule did not show its better application due the rain was not enough, because total rain was only half of the mean of twelve years.

The yield and treatments response, were not as expected because there was not opportunity to fertilizer due the moisture levels was not enough then the crop had only poor natural soil fertility.

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS .....	xi
INDICE DE FIGURAS .....	xiv
INTRODUCCION .....	1
OBJETIVOS FIJADOS A LOGRAR .....	2
HIPOTESIS DEL TRABAJO .....	2
REVISION DE LITERATURA .....	4
ORIGEN DEL MAIZ .....	4
IMPORTANCIA MUNDIAL, NACIONAL, ESTATAL ..	4
PREPARACION DEL TERRENO PARA LA SIEMBRA..	6
REQUERIMIENTOS DE AGUA .....	10
REQUERIMIENTO DE NUTRIENTES .....	12
CONSUMO DE NITROGENO .....	12
CONSUMO DE FOSFORO .....	13
CONSUMO DE POTASIO .....	14
MATERIALES Y METODOS .....	16
LOCALIZACION DEL SITIO EXPERIMENTAL .....	16
CARACTERISTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL ..	16
DISEÑO EXPERIMENTAL Y DESCRIPCION DE TRA- TAMIENTOS .....	18
ECUACION DEL AREA DE ESCURRIMIENTO SEGUN VELASCO .....	19
ECUACION DEL AREA DE ESCURRIMIENTO SEGUN ANAYA .....	20
PREPARACION DEL TERRENO	21

SIEMBRA .....	21
LABORES CULTURALES .....	23
COSECHA .....	23
ANALISIS ESTADISTICO .....	24
ANALISIS ECONOMICO .....	24
PRECIPITACION .....	24
USO CONSUNTIVO DEL CULTIVO .....	25
RESULTADOS Y DISCUSION .....	27
CRONOLOGIA DEL CULTIVO .....	27
CALCULO DEL AREA DE ESCURRIMIENTO .....	28
TEMPERATURA .....	29
CALCULO DEL USO CONSUNTIVO .....	30
SOLUCION DE ECUACION DE VELASCO .....	33
SOLUCION DE ECUACION DE ANAYA .....	33
PRECIPITACION OCURRIDA DURANTE EL CULTIVO	33
EVAPORACION OCURRIDA DURANTE EL EXPERI- MENTO .....	34
EVALUACION DE TRATAMIENTOS	39
PRODUCCION DE TRATAMIENTOS .....	39
ANALISIS ESTADISTICO .....	39
ANALISIS ECONOMICO .....	42
DISCUSION .....	45
CONCLUSIONES .....	47
RESUMEN .....	50
LITERATURA CITADA .....	52

## INDICE DE CUADROS

		Página
CUADRO 2.1	LOS 10 ESTADOS QUE DEDICAN MAYOR SUPERFICIE AL CULTIVO DE MAIZ .....	6
CUADRO 3.1	FERTILIDAD DEL SUELO, PROFUNDIDAD 0-30, RANCHO EL PEDREGAL .....	17
CUADRO 3.2	FERTILIDAD DEL SUELO, PROFUNDIDAD 30-60. RANCHO EL PEDREGAL.....	18
CUADRO 3.3	NIVELES DE LABRANZA UTILIZADOS .....	19
CUADRO 3.4	TRATAMIENTOS QUE SE PROBARON .....	21
CUADRO 3.5	PRUEBA DE GERMINACION HECHA POR EL INSTITUTO MEXICANO DEL MAIZ (MAIZ - VARIEDAD "CAFIMÉ) .....	22
CUADRO 3.6	DISTANCIA ENTRE PLANTAS EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS DE ESPACIAMIENTO. POBLACION DE 50 000 PLANTAS POR HECTAREA .....	22
CUADRO 4.1	PRECIPITACION EN MILIMETROS REGISTRADA EN LA ESTACION METEOROLOGICA DE LA UAAAN, EN LOS CUATRO MESES DEL CICLO VEGETATIVO DEL MAIZ EN LOS ULTIMOS 12 AÑOS Y SU MEDIA, Y LA PRECIPITACION OCURRIDA EN 1981 .....	28

CUADRO 4.2	PRECIPITACION ESPERADA AL 50 PORCIENTO DE PROBABILIDAD EN LOS MESES DEL CICLO VEGETATIVO DE MAIZ ( <u>Zea mays</u> L.) .....	29
CUADRO 4.3	REGISTRO DE TEMPERATURAS DURANTE EL PERIODO DE DOCE AÑOS EN LA ESTACION METEOROLOGICA DE LA UAAAN A TRES KILOMETROS DEL LUGAR DEL EXPERIMENTO Y LA TEMPERATURA QUE SE PRESENTO EN 1981.....	30
CUADRO 4.4	CALCULO DEL USO CONSUNTIVO PARA EL CULTIVO DE MAIZ ( <u>Zea mays</u> L.) SEGUN METODOLOGIA DE BLANEY Y CRIDDLE (1947) .....	31
CUADRO 4.5	BALANCE HIDRICO ENTRE EL USO CONSUNTIVO DEL CULTIVO Y LA PRECIPITACION PROBABLE AL 50 PORCIENTO.....	32
CUADRO 4.6	EVAPORACION OCURRIDA DURANTE EL EXPERIMENTO .....	34
CUADRO 4.7	RENDIMIENTO DE LAS REPETICIONES Y SUS MEDIAS EN KILOGRAMOS POR HECTAREA	40
CUADRO 4.8	TRATAMIENTOS Y SUS MEDIAS ORDENADAS DE MAYOR A MENOR, PRODUCCION DE GRANO DE MAIZ VARIEDAD "CAFIME" kg/ha..	41
CUADRO 4.9	ANALISIS DE VARIANZA DE LOS RENDIMIENTOS DE TRATAMIENTOS EN BLOQUES AL AZAR CON DOS FACTORES EN MAIZ DE	

	TEMPORAL, VARIEDAD "CAFIME" .....	42
CUADRO 4.10	COSTOS DE INVERSION POR HECTAREA CON DIFERENTES NIVELES DE LABRANZA EN CULTIVO DE MAIZ. DATOS ACTUALI- ZADOS A SEPTIEMBRE DE 1985.....	43

## INDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 4.1. PRECIPITACION EN LOS DIEZ DIAS ANTES DE LA SIEMBRA Y DURANTE EL DESARROLLO DEL CULTIVO .....	35
FIGURA 4.2. COMPARACION ENTRE LA LLUVIA OCURRIDA, Y LA PRECIPITACION PROBABLE AL 50 PORCIENTO.....	36
FIGURA 4.3. COMPARACION ENTRE LA LLUVIA OCURRIDA, LA PRECIPITACION PROBABLE Y EL USO CONSUNTIVO AJUSTADO .....	37
FIGURA 4.4. DISTRIBUCION DE LA EVAPORACION OCUR- RIDA DURANTE EL EXPERIMENTO .....	38
FIGURA 4.5. COMPARACION DE LOS CINCO NIVELES DE LABRANZA EN PESOS INVERTIDOS POR KI- LOGRAMO DE GRANO PRODUCIDO .....	44

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

La mayor parte de la superficie que se cultiva en México es bajo condiciones de temporal, ya que de los 23 millones de hectáreas abiertas al cultivo, aproximadamente un 84 por ciento se siembran con la esperanza de que las precipitaciones presenten un volumen suficiente y distribución adecuada a las necesidades hídricas de los cultivos.

Entre los cultivos de temporal el que ocupa el primer lugar, tanto en superficie, como en importancia alimenticia de los mexicanos, es el cultivo del maíz.

Es claramente visible la repercusión que tienen las sequías en la producción, ya que según el V Censo Agrícola Ganadero y Ejidal de 1970, el 76 por ciento de la superficie perdida en el país, se debió a la deficiente precipitación.

Sin embargo, poca investigación se hace en este tipo de agricultura, ya que para el investigador no es fácil controlar uno de los principales factores de la producción como es el agua, debido a lo aleatorio de la precipitación, sobre todo en las zonas áridas y semiáridas.

Resulta muy costosa la preparación tradicional del terreno si se toma en cuenta la poca densidad económica que representa el cultivo del maíz de temporal, por lo que amerita se investigue en cada zona cuál es la inversión que por este concepto debe arriesgarse, ya que no deja de presentar una alta probabilidad de siniestro en la mayor parte de las regiones temporaleras de México.

#### Objetivos Fijados a Lograr:

1. Evaluar la influencia de cinco niveles de labranza y tres espaciamientos entre surcos, sobre el rendimiento del maíz de temporal.
2. Determinar cual es la combinación económica más conveniente en condiciones de temporal en este cultivo.
3. Aportar información que pueda ser útil a los productores temporaleros y a los futuros investigadores en esta área.

#### Hipótesis de Trabajo

Las hipótesis que se plantearon para satisfacer los objetivos propuestos son los siguientes:

1. Una buena preparación del terreno para la cama de siembra, favorece la germinación de las semillas y el desarrollo radicular, así como la

capacidad retentiva del suelo, lo que incrementa el rendimiento del cultivo.

2. El incremento en el espacio entre surcos, aumenta el área de captación de lluvia, y por lo tanto la humedad disponible para las plantas es mayor.
3. El ahorro en niveles de labranza incrementa la redituabilidad del cultivo.
4. Existe una combinación de nivel de labranza y distancia entre surco que proporciona al agricultor un rendimiento óptimo económico.

## CAPITULO 2

### REVISION DE LITERATURA

#### Origen del Maíz

Robles (1973) nos dice que el maíz tiene un origen geográfico inexacto, aun cuando sus evidencias lo sitúan en el sur de México y Centro América, mencionando los países de Perú, Ecuador y Bolivia.

Existen otras teorías con respecto al origen de esta gramínea pero es indiscutible que la de mayor aceptación es la antes mencionada.

El origen de esta gramínea no se ha podido establecer con exactitud, sin embargo en la época precortesiana ya se cultivaba en América Latina.

#### Importancia Mundial, Nacional y Estatal

El maíz ha desempeñado un papel muy importante en el desarrollo de los pueblos del continente americano, los indígenas como los primeros colonizadores ya se nutrían de este preciado grano.

Robles (1973) calcula que esta gramínea ocupa el 51 por ciento del área total que se encuentra bajo cultivo, y en los Estados Unidos de Norte América, ocupa una cuarta parte de la tierra cultivada; a nivel mundial está en tercer lugar con una superficie de 105 millones de hectáreas.

Es por ello que deberíamos tener un conocimiento y aplicación de técnicas más avanzadas de cultivo para poder elevar los rendimientos.

Según Aldrich y Leng (1974) nos dicen que la producción de maíz entre los años de 1957 y 1961, en Estados Unidos de Norte América ocupó el primer lugar con un 51.4 por ciento del total de la producción mundial; y el segundo lugar la Unión Soviética con 5.2 por ciento y Brasil en tercero con 4.5 por ciento, siendo México el sexto con 2.8 por ciento.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1982) en su agenda de información agropecuaria reporta que en ese año se cosecharon 5'642 893 hectáreas de las que 4'604 576 fueron bajo condiciones de temporal. Los Estados con mayor superficie sembrada son los que se muestran en el Cuadro 2.1. En primer lugar el estado de Jalisco, mientras que Coahuila ocupa el número 27, con una superficie de 20 406 hectáreas de riego y 7 692 de temporal.

Arellano (1961) reconoce que el Estado de Coahuila no cuenta con regiones maiceras de importancia, sin embargo el agricultor de escasos recursos sigue sembrando este cultivo en condiciones de secano.

**Cuadro 2.1 Los 10 Estados que dedican mayor superficie al cultivo del maíz**

Estado	Superficie de Riego/ha	Superficie Temp./ha	Total superficie/ha	Rendimiento ton/ha
Jalisco	48 440	641 856	690 296	2.146
México	134 174	506 049	640 223	2.710
Chiapas	8 102	592 601	600 703	2.501
Veracruz	12 338	485 363	497 701	1.582
Michoacán	74 557	310 879	385 436	1.483
Guerrero	11 567	330 735	342 302	0.969
Puebla	37 465	281 791	319 256	1.518
Tamaulipas	256 474	36 348	292 822	2.486
Zacatecas	26 846	233 778	260 624	0.935
Oaxaca	24 454	215 462	239 916	0.909

#### Preparación del Terreno para la Siembra

Faulkner (1943) criticó el arado en su libro "La insensatez del Labrador", pero hasta ahora cultivar sin realizar labores es incomprensible para una gran mayoría de agricultores, a pesar de que dar vuelta a la capa del suelo antes de cada cultivo representa una enorme inversión en equipos, trabajo y combustible.

Phillips y Young (1979) reportan que los sistemas convencionales de labores generalmente requieren las máximas inversiones de mano de obra y equipo, lo cual genera altos costos de producción. En un análisis de costos de producción de maíz con labores convencional y sin laboreo en Ohio, encontraron variaciones importantes.

Ballivian (1979) de su revisión bibliográfica concluye que las prácticas de labranza permiten modificar en forma favorable las condiciones físicas del suelo para una buena cama de siembra, provocando una mayor infiltración y almacenamiento del agua en el suelo, además facilita el desarrollo radicular de los cultivos.

Sin embargo, los tratamientos de labranza máxima que se han estudiado no influyen significativamente en la producción del maíz bajo condiciones de temporal, pues el factor hídrico en una zona con precipitación media anual alrededor de 500 mm se ha encontrado que no es crítico, por lo que en estas condiciones, la mayoría de los investigadores han recomendado la labranza mínima, aun cuando puede tener efectos favorables cuando la precipitación pluvial es escasa como en los distritos de temporal que se encuentran en los Estados del Norte de la República Mexicana, como Nuevo León, Chihuahua, durango, San Luis Potosí y Coahuila, en donde las medias de precipitación pluvial anual andan alrededor de los 300 mm.

Tovar (1977) al comparar durante dos ciclos consecutivos (1975 y 1976) el rendimiento de grano en maíz de temporal, utilizando tres distancias entre hileras y tres distancias entre plantas, en suelo arado y sin arar, con precipitaciones de 408 y 534.8 mm comparándolo con la tecnología tradicional, encontró que se incrementaba el rendimiento de grano.

El propósito de las prácticas de labranza, entre otros, es el de roturar el suelo para disminuir la densidad aparente, aumentar el espacio poroso y en consecuencia mejorar las condiciones de infiltración y la capacidad de retención de agua en el suelo, así como disminuir la evaporación de la humedad.

Bállivian (1979) también nos dice que el empleo de microcuencas para captar el agua in situ en agricultura de temporal, nos ayuda a coleccionar y almacenar una cantidad adicional de agua en el área de raíces, la cual puede aprovechar la planta en etapas críticas o cuando la cantidad total de agua es escasa, asegurando rendimientos que de otra forma no se lograrían. Al mismo tiempo cabe hacer la aclaración que la cantidad adicional que puede almacenarse en la zona radicular depende de la precipitación pluvial, tamaño de la microcuenca, del escurrimiento y de la capacidad de almacenamiento del suelo; la que a la vez está relacionada con las propiedades físicas del mismo como las constantes de humedad

(capacidad de campo y punto de marchitez permanente), textura, estructura y porosidad.

La preparación de la cama de siembra así como los métodos de siembra y prácticas de cultivo han evolucionado desde 1950 a la fecha. Los agricultores de esa década acostumbraban preparar el suelo hasta dejarlo pulverizado, ahora se sabe que trabajar la tierra demasiado, no sólo es innecesario, sino hasta puede ser perjudicial, actualmente se ha encontrado que se puede efectuar una o ninguna labor antes de la siembra dependiendo de las condiciones del suelo, ya que a veces resulta mejor el camino del menor esfuerzo. Se menciona que un suelo sirve como cama de germinación de las semillas durante un 5 por ciento del ciclo vegetativo y el otro 95 por ciento actúa como sostén de las raíces, por lo que resulta innecesaria la preparación exhaustiva de la cama de siembra.

En 1976 se llevaron a cabo en una zona temporalera de Zacatecas, trabajos con el fin de encontrar la mejor distancia entre surcos y la más eficiente práctica de labranza y el sistema más adecuado de siembra en el cultivo del frijol, encontrando que la mejor combinación económica fue el tratamiento de 60 cm entre surcos sin cincel.

### Requerimientos de Agua

Velasco (1979) considera que la magnitud de la precipitación pluvial bajo condiciones de semidesierto no es capaz de satisfacer la demanda evapotranspirativa de los cultivos básicos adaptados a estas regiones con respecto al clima y latitud, por lo que se hace necesario concentrar agua de escurrimiento de áreas circundantes para lograr satisfacer las demandas de evapotranspiración y de esta manera hacer posible la producción, para lo cual propone "La ecuación del desierto" la que queda implementada de la siguiente manera:

$$L = \frac{Ce (\% P) (PP) (LT)}{U.C. + (\% P) (PP) (Ce-1)}$$

Donde:

L = Distancia entre surcos que los agricultores usar en forma tradicional en la zona

Ce = Coeficiente de escurrimiento

% P = Porcentaje de la lluvia anual que cae durante la estación del cultivo

PP = Precipitación media anual

LT = Longitud total (distancias entre terrazas consecutivas)

U.C. = Uso consuntivo del cultivo

Anaya et al. (1977) al referirse a la escasez de agua de lluvia y su mala distribución en la República Mexicana que provoca grandes áreas con temporales deficientes

para la producción agrícola, proponen una fórmula para diagnosticar la necesidad de las obras de captación de agua de lluvia en el mismo lugar; la fórmula es la siguiente:

$$Ac = As + \frac{As}{c} \left( \frac{U.C. - P}{P} \right)$$

Donde:

Ac = Tamaño de la microcuenca

As = Area de siembra que los agricultores utilizan según el cultivo

c = Coeficiente de escurrimiento dentro de la microcuenca

U.C. - P = Total de deficiencias mensuales de agua durante el ciclo vegetativo del cultivo

P = Promedio de la lluvia que cae en el tiempo que dura en desarrollarse el cultivo

Considerando los datos climatológicos de la Estación Meteorológica más cercana al lugar del experimento, fue calculado el Uso Consuntivo conforme a la metodología de Blaney / Criddle (1947) para desarrollar las ecuaciones del cálculo del área de escurrimiento, así como para conocer la lámina de agua que requiere el cultivo de maíz en esta zona para satisfacer sus necesidades hídricas.

Otro de los parámetros que debemos conocer para el desarrollo de la fórmula de Anaya et al. (1977) es la probabilidad de la precipitación al 50 por ciento por lo que se analizaron los datos de precipitación de un período de 12 años comprendidos de 1968 a 1980 de los meses en los cuales

12

se desarrollaría el cultivo que fueron: junio, julio, agosto y septiembre, la fórmula utilizada para el cálculo de la probabilidad fue la siguiente:

$$P = \frac{m}{n + 1} \times 100$$

Donde:

P = Probabilidad de ocurrencia en porcentaje

m = Número de orden de menor a mayor precipitación

n = Número total de observaciones

Por la cantidad de precipitación registrada en los últimos 12 años y el U.C. (Uso consuntivo) podemos predecir que en la mayoría de los años no se satisfacen las necesidades de humedad del cultivo como se puede observar en el balance hídrico que se realizó, el cual nos indica que se hace necesario un área cuenca para concentrar la humedad en la zona radicular.

#### Requerimiento de Nutrientes

##### Consumo de Nitrógeno

El maíz requiere de cantidades adecuadas de nutrientes, entre los que en mayor cantidad necesita se encuentra el Nitrógeno, el cual puede ser crítico 10 días antes de la floración y hasta 25 días después de la misma, que es cuando la planta tiene el mayor consumo. La cantidad de Nitrógeno

que se debe aplicar requiere de conocer la dosis óptima económica para una determinada zona o por lo menos tener un estudio de fertilidad, densidad de siembra y la cosecha anterior, normalmente se recomienda que el suministro de este elemento se haga por lo menos en dos aplicaciones que puede ser durante la siembra y antes de la floración, ya que es un nutriente muy soluble y volátil que puede perderse por lixiviación al dar un riego pesado o una precipitación en la cual el agua percole o por volatilización al ser removido el suelo durante la escarda que se le dé al cultivo, por esto último también es recomendable aplicar este fertilizante cuando el suelo contenga suficiente humedad.

Los suelos pobres en este nutriente, producen plantas pequeñas y débiles, con decoloraciones amarillentas en las hojas y como consecuencia la producción se reduce.

Delarit y Ahlgren (1983) aseguran que la falta de Nitrógeno disponible en el suelo para el cultivo, es el factor más limitante en el rendimiento en la mayoría de las granjas y que la incorporación de estiércol o leguminosas entre 16 a 20 toneladas por hectárea, son suficientes para suplirlo.

#### Consumo de Fósforo

El fósforo es un nutriente que es requerido por la planta durante sus primeras etapas de desarrollo, por lo que

es preciso se aplique durante la siembra en su totalidad, ya que a este elemento se le considera inmóvil en el suelo aun cuando puede ser fijado por el mismo y hacerse indisponible para la planta.

García (1980) menciona que las tres formas de presentación comercial del Fósforo son como Superfosfato Simple, Doble y Triple, con 16, 35 y 46 por ciento de anhídrido fosfórico soluble en agua, pero que a la vez son productos no higroscópicos.

#### Consumo de Potasio

en el manual para educación agropecuaria, Maíz (SEP) (1983) se afirma que para una cosecha de cuatro toneladas de grano por hectárea hay un consumo de 110 kg de Nitrógeno, 40 kg de Fósforo, 80 kg de Potasio, 7 kg de Calcio, 6 kg de Magnesio y 6 kg de Azufre.

El consumo de Potasio aumenta de 80 a 200 kg al aumentar la población para cosecha de forraje, sin embargo, no se recomienda fertilizar a base de este elemento, al menos que se detecte mediante análisis la deficiencia, ya que la mayor parte del territorio nacional se clasifica entre medianamente rico y muy rico, el lugar donde se llevó a cabo el experimento no es la excepción, pues de acuerdo al análisis de fertilidad realizada en el Laboratorio de Suelos del

1:

Departamento de Riego y Drenaje de la UAAAN, resulta ser extremadamente rico en este elemento.

## CAPITULO 3

### MATERIALES Y METODOS

#### Localización del Sitio Experimental

El terreno en el cual se llevó a cabo este trabajo experimental está en el rancho "El Pedregal", que se encuentra al lado oriente de la carretera que comunica a la ciudad de Saltillo con la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con longitud Oeste  $101^{\circ}00'00''$ , latitud Norte  $25^{\circ}22'41''$  y Altitud de 1770 msnm, en donde tenemos un clima de temperatura promedio de  $18^{\circ}\text{C}$ , y una precipitación media anual de 269.4 mm (promedio de 30 años).

Según la clasificación climática de Köppen modificada por Enriqueta García (1973), para la República Mexicana, a esta área le corresponde un clima (BWhw) seco o árido templado con régimen de lluvias de verano.

#### Características del Sitio Experimental

Tomando como base una poligonal de apoyo, se realizó el estudio topográfico, planimétrico y altimétrico, encontrando que la pendiente dominante es de 3.5 por ciento, con dirección de Oriente a Poniente; el análisis del suelo fue

realizado en el laboratorio de Suelos del Departamento de Riego y Drenaje de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; los resultados obtenidos aparecen en los Cuadros 3.1 y 3.2, además se realizaron 8 pruebas de infiltración, utilizando el método de los cilindros infiltrómetros, encontrando un Coeficiente de Infiltración Básico (C.I.B.) de 3.4 cm/hr.

El terreno tenía por lo menos cinco años que no estaba sometido a cultivo, por lo que hubo necesidad de eliminar los arbustos, así como darle un desvare para eliminar las malezas anuales del año anterior.

Cuadro 3.1 Fertilidad del suelo. Profundidad 0.30 cm  
Rancho "El Pedregal"

	Resultado del Análisis	Interpretación	Método
pH	8.25	medianamente alcalino	Potenciómetro
C.E. milimohos/cm	1.45	No salino	Conductivímetro
% Mat. orgánica	3.16	Muy rico	Walky-black
% N total	3735.0	Mediano	Kjeldhal
Potasio inter. kg/ha	670.5	Extremadamente rico	Colorimetría con cobaltini- trito de sodio
Fósforo aprov. kg/ha	945	Muy rico	Olsen
% carbonatos totales	30.27	Mediano	titulación con una base
% Arcilla	39.6		Bouyucos
%Limo	38.0		Bouyucos
% Arena	22.4		Bouyucos
Textura	Migajón arcilloso		Triángulo

Cuadro 3.2 Fertilidad del suelo. Profundidad 30-60 cm  
Rancho "El Pedregal"

	Resultado del Análisis	Interpretación	Método
pH	8.30	Med. alcalino	Potenciómetro
C.E. milimohos/cm	0.700	No salino	Conductivímetro
% Mat. orgánica	3.06	Muy rico	Walky-black
% N total	2992.5	Med. pobre	Fjeldhal
Potasio inter. kg/ha	216.0	Mediano	Colorimetría con cobaltini- trito de sodio
Fósforo aprov. kg/ha	68.4	Medianamente rico	Olsen
% Carbonatos totales	31.22	Medio	Titulación con una base
% Arcilla	39.6		Bouyucos
% Limo	38.0		Bouyucos
% Arena	22.4		Bouyucos
Textura	Migajón arcilloso		Triángulo

#### Diseño Experimental y Descripción de Tratamientos

Se estableció un diseño de bloques al azar con dos factores, en el que se manejaron cinco niveles de labranza y tres distanciamientos entre surcos, resultando quince tratamientos y tres repeticiones, los niveles de labranza fueron realizados en el orden cronológico en que aparecen en el Cuadro 3.3

Los espaciamientos entre surco que se usaron fueron de 65, 90 y 115 cm y representados en el trabajo como  $S_0$ ,  $S_1$  y  $S_2$  respectivamente, los cuales se determinaron con el

criterio siguiente:

$S_0$  = 65 cm, es el espaciamiento más común y tradicional que usan los agricultores temporaleros de la zona en el cultivo del maíz.

$S_1$  = 90 cm, es un espaciamiento aproximadamente medio entre el tradicional y el calculado con la fórmula de Velasco (1979).

$S_2$  = 115 cm, es el espaciamiento que resultó de la aplicación de las ecuaciones de Velasco (1979) y Anaya et al. (1977).

Cuadro 3.3 Niveles de Labranza Utilizados

Símbolo	Descripción del Nivel
$M_0$	Aradura, rastra y siembra
$M_1$	Subsuelo, aradura y siembra
$M_2$	Rastra, aradura, rastreo y siembra
$M_3$	Subsuelo, rastra, aradura y siembra
$M_4$	(Mínimo labores) Subsuelo y siembra

#### Ecuación del Area de Esgurrimiento según Velasco

El cálculo del espaciamiento entre surcos para el área de escurrimiento,  $S_2$ , se hizo de acuerdo a la metodología desarrollada por Velasco (1979) que consiste en la

aplicación de la ecuación:

$$L = \frac{(Ce) (\% P) (PP) (L T)}{(U.C.) + (\% P) (PP) (Ce-1)} \quad (1)$$

Donde:

L = Distancia entre surcos que usan tradicionalmente en la región

Ce = Coeficiente de escurrimiento

% P = Porcentaje de la precipitación media anual que cae durante la estación del cultivo en m

PP = Precipitación media anual en m

L T = Espaciamiento total entre surcos necesarios para área cuenca y área de cultivo en m

U.C. = Uso consuntivo del cultivo en m

#### Ecuación del Area de Escurrimiento según Anaya

La ecuación de Anaya et al., cuyo resultado es muy similar, ya que hubo una diferencia de milímetros, es lo que a continuación se describe.

$$Ac = As + \frac{As (U.C. - PP)}{C (PP)} \quad (2)$$

Donde:

Ac = Longitud de escurrimiento necesaria en cm

As = Longitud de cultivo que tradicionalmente usan en la zona en cm

C = Coeficiente de escurrimiento dependiendo del suelo

U.C. = Uso consuntivo del cultivo en cm

PP = Precipitación al 50 por ciento de probabilidad

Los quince tratamientos que resultaron se anotan en el Cuadro 3.4

Cuadro 3.4 Tratamientos que se Probaron

T R A T A M I E N T O S									
M <sub>0</sub>	S <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>	M <sub>2</sub>	S <sub>0</sub>	M <sub>3</sub>	S <sub>0</sub>	M <sub>4</sub>	S <sub>0</sub>
M <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	M <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	M <sub>4</sub>	S <sub>1</sub>
M <sub>0</sub>	S <sub>2</sub>	M <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	M <sub>4</sub>	S <sub>2</sub>

#### Preparación del Terreno

Se trazaron las parcelas de seis metros de ancho por 10 metros de largo haciendo la preparación según le correspondía a cada tratamiento, dejando una cabecera entre parcela y parcela de cuatro metros, suficiente para que el tractor pudiera de las vueltas.

#### Siembra

La semilla que se sembró fue la variedad "Cafime" de ciclo corto recomendada para temporal por el Instituto Mexicano del Maíz, con una densidad de 50 000 plantas por hectárea en todos los tratamientos. Previamente la semilla fue sometida a pruebas de germinación por el Instituto Mexicano del Maíz, con muestra de 100 semillas en cinco repeticiones, encontrando que la semilla tenía un 98.4 por ciento de germinación, como lo muestra el Cuadro 3.5.

Cuadro 3.5 Prueba de germinación hecha por el Instituto Mexicano del Maíz. (Maíz variedad "Cafime")

Muestra Número	Tamaño de Muestra Granos	Granos que Germinaron
I	100	99
II	100	99
III	100	95
IV	100	99
V	100	100

Las plantas fueron sembradas a distintas distancias ya que la densidad no varía por lo que en el espaciamient de 65 cm la distancia entre plantas fue de 30 cm; en el d 90 cm fue de 22 cm y en el de 115 cm, 17 cm, como se observ en el Cuadro 3.6

Cuadro 3.6 Distancia entre plantas en los diferentes tratamientos de espaciamiento, población d 50 000 plantas por hectárea

Espaciamiento entre Surcos	Surcos por ha	Plantas por ha	Distancia entre plantas	Plantas por surco
65	154	50 000	30	325
90	111	50 000	22	450
115	87	50 000	17	575

La siembra se realizó del 25 al 29 de junio de 1981, en forma manual, para tapar la semilla se utilizó una viga de madera, revisando posteriormente para que no quedaran semillas por fuera,; cabe mencionar que la semilla fue humedecida 2 horas antes de la siembra para disminuir el período de germinación.

#### Labores Culturales

Con el propósito de mantener la población al nivel establecido se procedió al desahije dejando una planta por mata cuando tenía altura de 12 a 15 cm.

Para el control de gusanos trozadores y trips se utilizó Paratión metílico, medio litro por hectárea y Sevín 80 por ciento emulsificable a razón de 2 kg por hectárea en 400 litros de agua.

Se realizó una escarda para todos los tratamientos.

#### Cosecha

Se realizó en forma manual y dirigida, cosechando 50 plantas con competencia completa de cada parcela, se procedió al desgrane y secado del grano en estufa para poder calcular rendimiento de grano por hectárea al 12 por ciento de humedad.

### Análisis Estadístico

El análisis fue procesado en el Centro de Cálculo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en donde los rendimientos experimentales se analizaron matemáticamente practicándose el análisis de varianza utilizado para el diseño de bloques al azar para determinar la significancia tanto de los factores de estudio como en las repeticiones.

### Análisis Económico

Se procedió al análisis económico para determinar la rentabilidad de cada tratamiento en función de costo-producción.

### Precipitación

Con el propósito de utilizar la información de precipitación media se procedió al cálculo de la probabilidad de la precipitación mediante la fórmula:

$$P = \frac{m}{n + 1} \times 100$$

Donde:

P = Probabilidad de ocurrencia en porcentaje

m = Número de orden, a la mayor precipitación le corresponde el número uno

n = Número de observaciones en total

El cálculo se realizó para una probabilidad de precipitación de 50 por ciento, utilizándolo para hacer el balance hídrico mediante la fórmula:

Lluvia 50 % de probabilidad - U.C.A. = balance hídrico

para determinar la lámina de precipitación se colocó un pluviómetro por bloque y un pluviógrafo para todo el experimento.

Se instaló un tanque evaporímetro para conocer la magnitud de la evaporación diaria.

#### Uso Consuntivo del Cultivo

El uso consuntivo fue determinado de acuerdo a la metodología de Blaney y Criddle (1947) para el ciclo del cultivo aplicando la fórmula:

$$U.C.T. = F K_t K_c$$

$$U.C.A. = F K' C$$

$$F = (f)$$

$$K' = \frac{(U.C.T.)}{F}$$

$$C = \frac{K_g}{K'}$$

Donde:

U.C.T. = Uso consuntivo teórico

U.C.A. = Uso consuntivo ajustado

F = Factor que integra el porcentaje de horas luz según la latitud y la temperatura en grados centígrados

$K_t$  = Coeficiente en relación con la temperatura me  
dia en grados centígrados

$K_c$  = Coeficiente de desarrollo del cultivo

$K_g$  = Coeficiente dependiente del tipo de suelo

$K'$  = Factor de ajuste que resulta de la suma del  
U.C.T. entre la suma de las  $f$

$C$  = Factor de ajuste del U.C.T.

## CAPITULO 4

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### Cronología del Cultivo

En el mes de mayo se procedió a la preparación del terreno de acuerdo a los tratamientos.

La siembra se realizó del 25 al 29 de junio de 1987 por lo que para el día 30 del mismo mes germinaron las plantas de los tratamientos sembrados el 25 de junio. La germinación fue uniforme, para el 2 de julio se calculó que tenía un 85 por ciento.

Durante los días 15 y 16 de julio se aclareó, dejando una planta por punto.

Debido al ataque de trips, gusano trozador y cogollero, se procedió a la aplicación de insecticidas el 6 de agosto, lográndose un control efectivo de un 80 por ciento según inspección realizada un día después.

Durante los días 19 al 21 de agosto se realizó la escarda.

La cosecha se realizó entre el 5 y 10 de octubre del mismo año.

### Cálculo del Area de Escurrimiento

Determinación de precipitación con probabilidad de ocurrencia del 50 por ciento.

Cuadro 4.1 Precipitación en milímetros registrada en la estación meteorológica de la UAAAN, en los cuatro meses del ciclo vegetativo del maíz en los últimos 12 años y su media, y la precipitación ocurrida en 1981

Año	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
1968	55.0	135.7	152.7	102.6
1969	15.4	98.8	97.9	98.6
1970	67.3	59.2	57.3	43.5
1971	207.9	171.9	200.9	69.3
1972	76.6	138.1	69.7	42.3
1973	85.9	200.4	143.8	57.2
1974	40.5	52.0	45.5	14.0
1975	59.4	157.7	135.3	26.5
1976	61.0	141.2	115.6	77.0
1977	30.6	21.5	36.7	43.2
1978	34.7	162.4	93.7	107.9
1979	15.7	20.2	39.6	4.5
$\bar{X}$	62.5	121.58	99.55	57.22
1981	64.4	42.0	51.50	25.50

$\bar{X}$  = Promedio matemático de 12 años de precipitación

Con los datos de precipitación de cada mes se calculó la lluvia probable a un 50 por ciento. Con la fórmula:

$$P = \frac{m}{n + 1} \times 100$$

Teniendo como resultado 340.18 milímetros de lámina probable a precipitarse durante los cuatro meses del estudio, como lo muestra el Cuadro 4.2, se hizo necesario destinar un área cuenca para favorecer los escurrimientos para satisfacer el U.C. del cultivo para lo cual se utilizó la fórmula del desierto de Velasco (1979).

Cuadro 4.2 Precipitación esperada al 50 por ciento de probabilidad en los meses del ciclo vegetativo del maíz (Z. mays L.)

M e s	Lluvia 50 % Prob: en mm
Junio	57.19
Julio	136.84
Agosto	95.80
Septiembre	50.35
Total	340.18

#### Temperatura

Según los datos reportados el mismo período de 12 años se tiene una temperatura media de 20.76°C (grados centígrados) para el mes de junio; 20.37°C en julio; 19.37°C en

agosto y 18.22°C en el mes de septiembre, datos que fueron utilizados en el cálculo del uso consuntivo teórico y ajustado para el cultivo de maíz; en el Cuadro 4.3 se presentan las temperaturas de los meses antes mencionados.

Cuadro 4.3 Registro de temperaturas durante el período de 12 años en la estación meteorológica de la UAA a tres kilómetros del lugar del experimento y la temperatura que se presentó en 1981

Año	Temperatura Media en °C			
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
1968	21.2	20.0	19.8	17.7
1969	22.8	22.6	20.5	18.5
1970	21.5	20.2	21.1	18.7
1971	20.5	20.0	18.5	18.2
1972	20.0	20.0	20.0	19.7
1973	20.6	21.1	20.0	18.2
1974	21.1	20.6	20.0	18.3
1975	21.8	19.6	17.3	16.8
1976	18.9	20.4	19.3	19.0
1977	19.9	20.7	17.9	20.6
1978	21.8	21.8	20.1	18.2
1979	18.0	18.9	18.2	14.8
$\bar{x}$	20.67	20.49	19.42	18.22
1981	20.20	20.90	20.00	18.80

#### Cálculo del Uso Consuntivo

Se hizo el cálculo de uso consuntivo encontrando que 46.6 cm de precipitación bien distribuida durante el ciclo

agosto y 18.22°C en el mes de septiembre, datos que fueron utilizados en el cálculo del uso consuntivo teórico y ajustado para el cultivo de maíz; en el Cuadro 4.3 se presentan las temperaturas de los meses antes mencionados.

Cuadro 4.3 Registro de temperaturas durante el período de 12 años en la estación meteorológica de la UAAAN a tres kilómetros del lugar del experimento y la temperatura que se presentó en 1981

Año	Temperatura Media en °C			
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
1968	21.2	20.0	19.8	17.7
1969	22.8	22.6	20.5	18.5
1970	21.5	20.2	21.1	18.7
1971	20.5	20.0	18.5	18.2
1972	20.0	20.0	20.0	19.7
1973	20.6	21.1	20.0	18.2
1974	21.1	20.6	20.0	18.3
1975	21.8	19.6	17.3	16.8
1976	18.9	20.4	19.3	19.0
1977	19.9	20.7	17.9	20.6
1978	21.8	21.8	20.1	18.2
1979	18.0	18.9	18.2	14.8
$\bar{X}$	20.67	20.49	19.42	18.22
1981	20.20	20.90	20.00	18.80

#### Cálculo del Uso Consuntivo

Se hizo el cálculo de uso consuntivo encontrando que 46.6 cm de precipitación bien distribuída durante el ciclo

Cuadro 4.4 Cálculo del uso consuntivo para el cultivo de maíz (Z. mays L.) según metodología de Blaney y Criddle (1947)

<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5=3x4</u>	<u>6</u>	<u>7=5x6</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10=7x9</u>	<u>11=10xC</u>
Mes	°C	$\frac{°C+17.8}{21.8}$	P	$F = \frac{P(°C+17.8)}{21.8}$	Kt=0.0311	F Kt	Kg	Kc	U.C.T.	U.C.A.
				$°C+0.240$						
Junio	20.67	1.764	9.22	16.26	0.8828	14.3543	0.80	0.51	7.320	8.1471
Julio	20.49	1.756	9.43	16.55	0.8772	14.5176	0.80	1.00	14.7156	16.1579
Agosto	10.42	1.707	9.08	15.49	0.8439	13.0720	0.80	1.02	3.3333	14.8398
Septiembre	18.22	1.652	8.30	13.71	0.8066	11.0597	0.80	0.85	9.4008	10.4630
<hr/>										
S u m a									44.5717	49.6078
<hr/>										
U.C.T. = Uso consuntivo teórico en cm										
U.C.A. = Uso consuntivo ajustado en cm										
<hr/>										

vegetativo son suficientes para lograr un desarrollo adecuado, como se observa en el Cuadro 4.4.

El balance hídrico nos reveló que en ningún mes es suficiente la precipitación para satisfacer las necesidades de agua para el cultivo, siendo el más crítico el mes de septiembre que es de 54.28 mm y en total tenemos un déficit de 155.9 mm. Cuadro 4.5

Cuadro 4.5 Balance hídrico entre el uso consuntivo del cultivo y la precipitación probable al 50 por ciento

Mes	Lluvia 50% Prob. en mm	U.C.A. de maíz en mm	Balance hídrico en mm
Junio	57.19	81.471	-24.281
Julio	136.84	161.579	-24.739
Agosto	95.80	148.398	-52.598
Septiembre	50.35	104.630	-54.280
	<u>340.18</u>	<u>496.078</u>	<u>-155.898</u>

El cuadro de balance hídrico nos indica que tomando como base la probabilidad de lluvia al 50 por ciento y el U.C.A. del cultivo, no se satisface la demanda hídrica por lo que hay necesidad de tener un área cuenca para concentrar la humedad en la zona radicular, esta área de escurrimiento se calculó con la ecuación de Velasco (1979) y corroborada con la fórmula de Anaya (1977), ya que como se observa en los resultados, la diferencia es de cuatro milímetros.

Sustituyendo los valores en la ecuación (1)

$$L = \frac{(Ce) (\%P) (PP) LT}{(U.C.) + (\%P) (PP) (Ce-1)} = \frac{(Ce) (\%P) (PP) LT}{(U.C.) + (Ce) (\%P) (PP) - (\%P)}$$

de donde:

$$LT = \frac{(L) U.C. + Ce \%P (PP) - \%P (PP)}{Ce \% P (PP)}$$

sustituyendo:

$$LT = \frac{(0.65 \text{ m}) 0.496 \text{ m} + (0.6)(0.68)(0.497\text{m}) - (0.68)(0.497\text{m})}{(0.6) (0.68) (0.497\text{m})}$$

= 1.15 m; o sea 115 cm.

sustituyendo los valores en la ecuación (2)

$$Ac = AS + \frac{As}{C} \left( \frac{U.C. - PP}{PP} \right) = 65 \text{ cm} + \frac{65\text{cm}}{0.6} \left( \frac{46.07 \text{ cm} - 34.018 \text{ cm}}{34.018 \text{ cm}} \right)$$

$$Ac = 114.6 \text{ cm}$$

Se encontró que el espaciamiento fue de 114.6 cm. Como podemos observar, la diferencia que resulta en la aplicación de las fórmulas de determinación para el área de escurrimiento es mínima, siendo del orden de 0.4 cm. Por lo cual en la práctica se puede usar indistintamente una u otra, por la aplicación matemática más simple se puede recomendar la ecuación 2.

#### Precipitación Ocurrida durante el Cultivo

La suma de la precipitación durante el desarrollo de cultivo fue de 119 mm, como lo registran las gráficas

, 4.2 y 4.3; y la precipitación registrada durante los días antes de la siembra fue de 64.4 milímetros, que nos un total de 165.4 milímetros, la cual, comparada con el medio anual en el mismo período es de 340.85 milímetros, o nos indica que no llegó ni al 50 por ciento del promedio de la precipitación que normalmente se registra en esta ión, por lo que se puede considerar un año extremadamente o para este lugar.

#### Evaporación Ocurrida durante el Experimento

Las mediciones de evaporación se hicieron a partir 6 de julio de 1981, cuando el maíz tenía dos o tres días haber germinado, hasta el 30 de septiembre del mismo año, ontrando que se evaporó un promedio de 6.01 milímetros día, en tótal en el período de 92 días hubo una evapora- n de 512.72 milímetros, que es de 347.32 milímetros supe- r a la lámina precipitada, teniendo como consecuencia una rte descompensación hídrica la cual se observa más obje- amente en la figura 4.4.

Cuadro 4.6 Evaporación ocurrida durante el experimento

Mes	Evaporación en mm
Julio	182.31
Agosto	178.71
Septiembre	151.70
Total	512.72

Precipitación en los diez días antes de la siembra = 46.4 mm  
Precipitación durante el desarrollo del cultivo = 119.0 mm  
Suma total = 165.4 mm

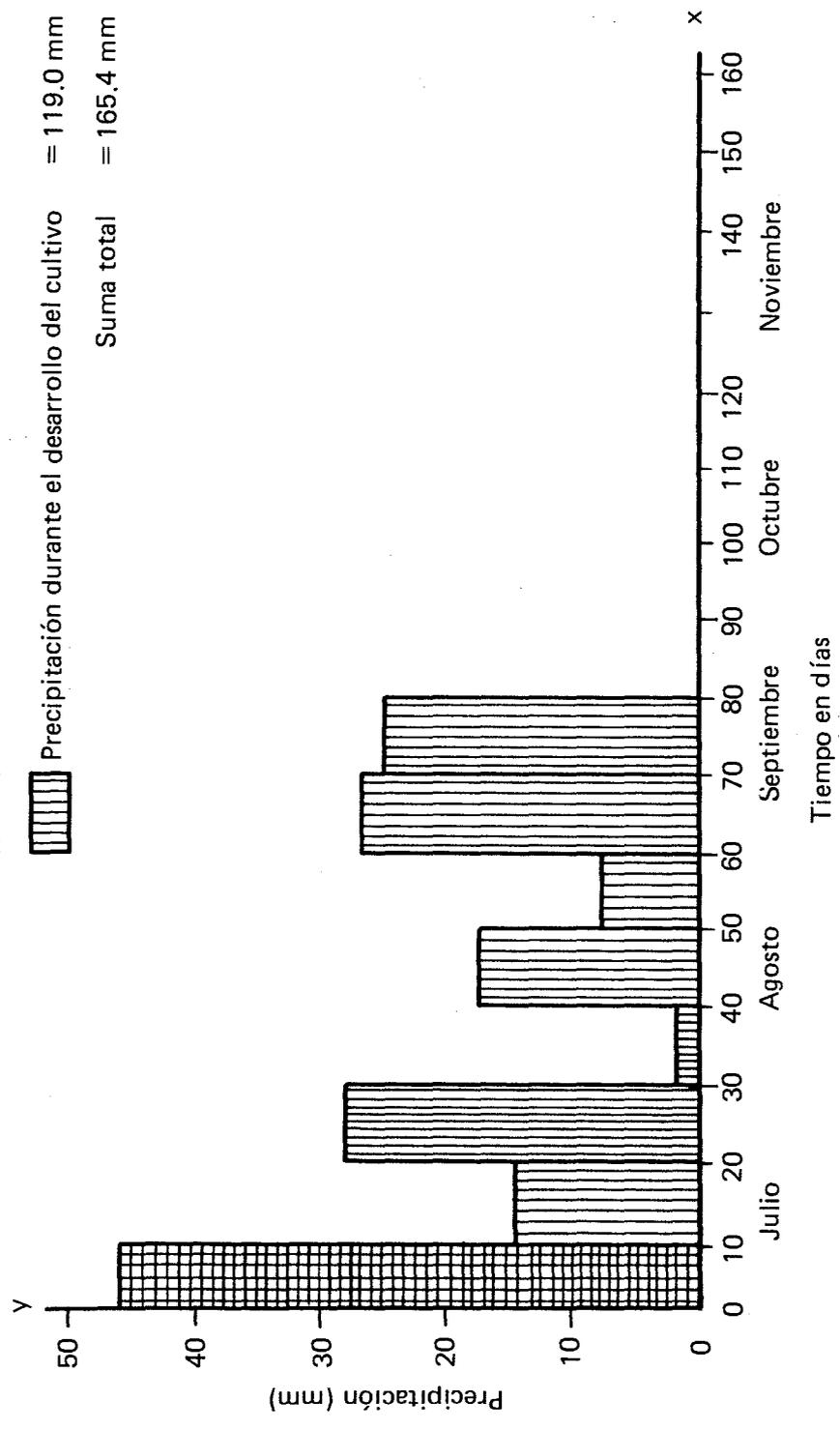
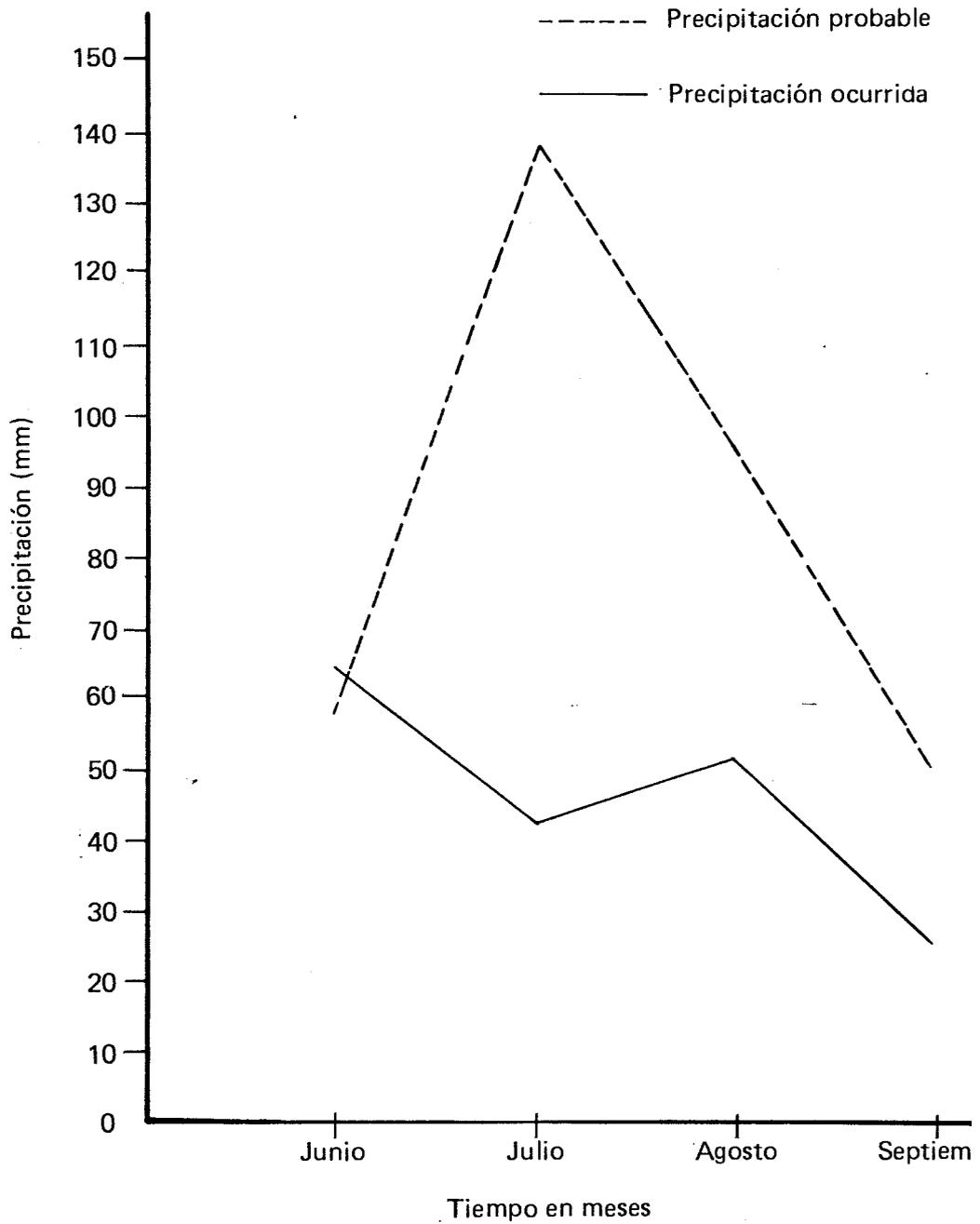
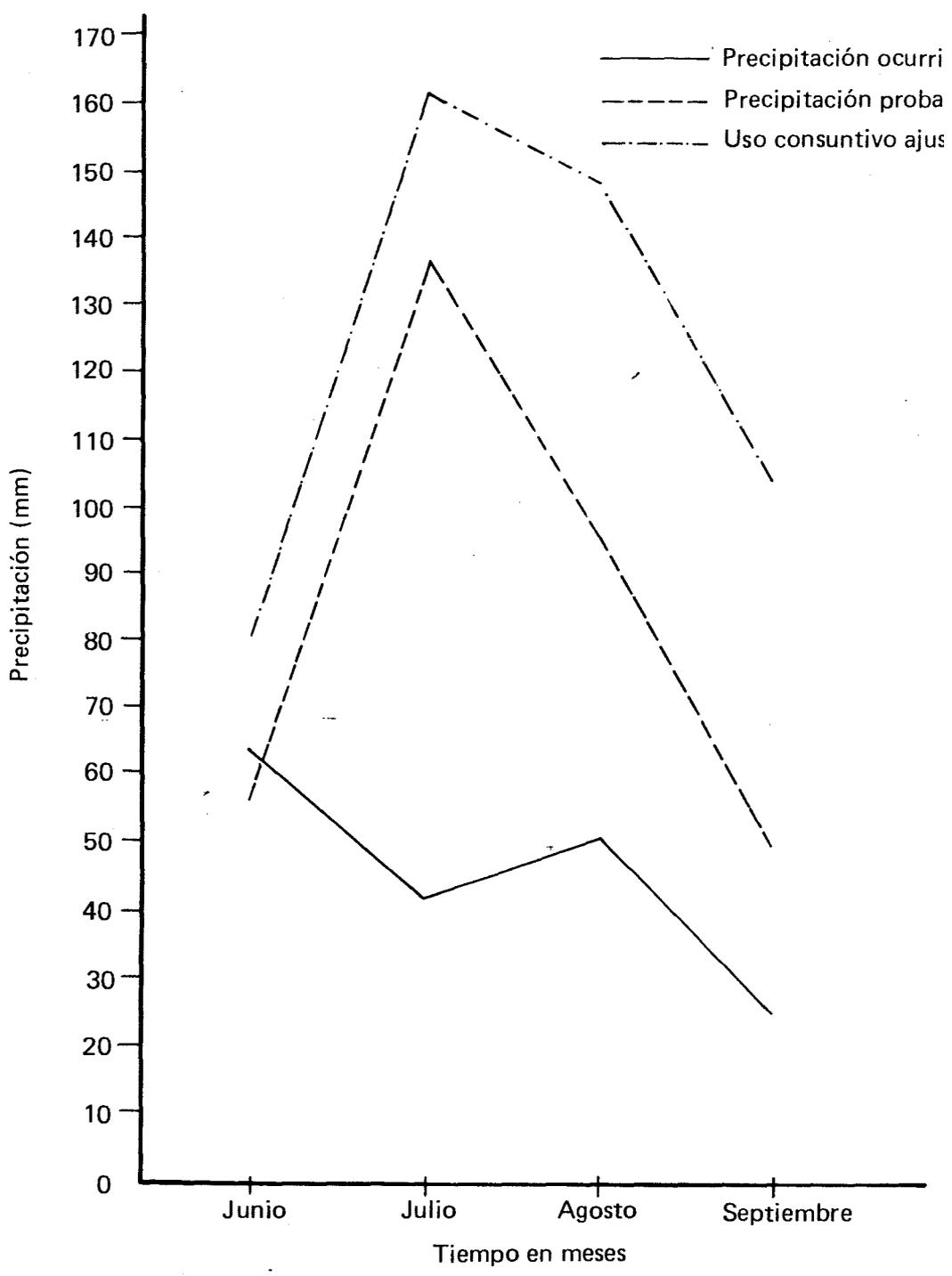


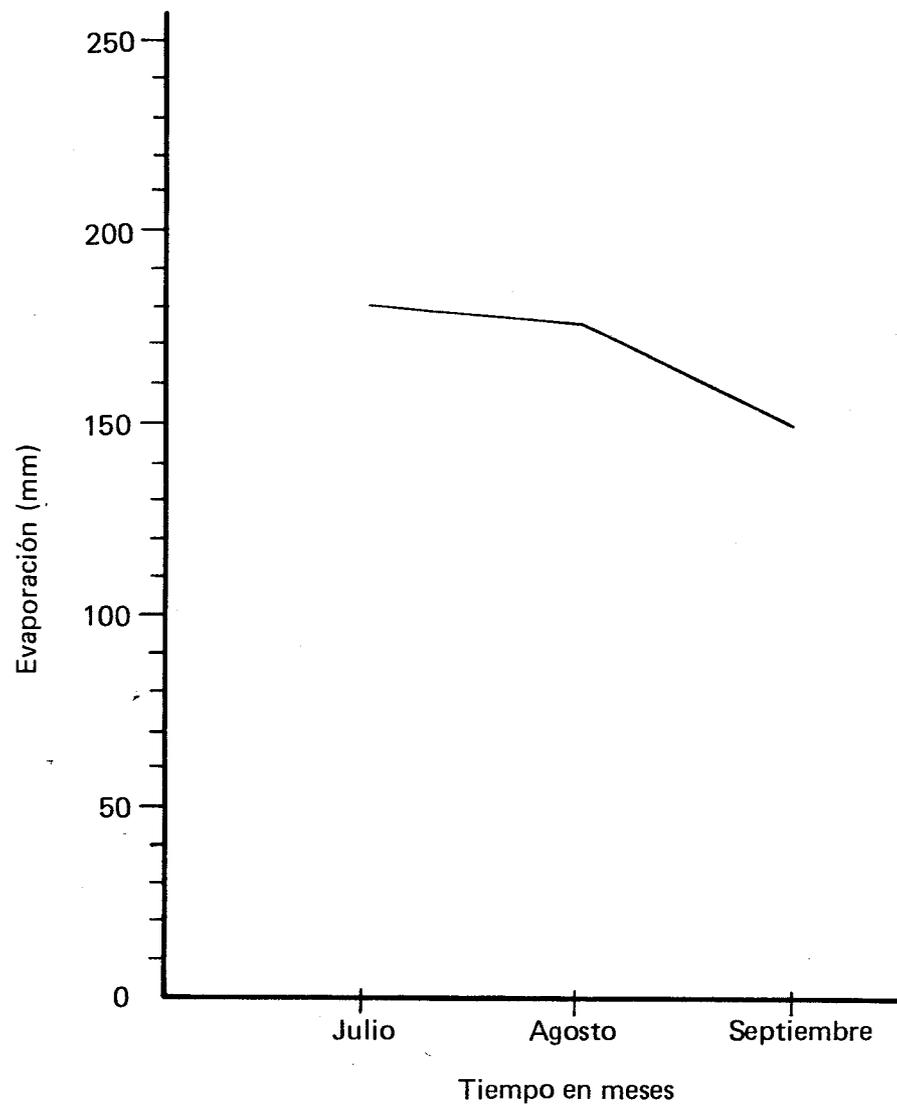
Figura 4.1 Precipitación en los diez días antes de la siembra y durante el desarrollo del cultivo.



Gráfica 4.2. Comparación entre la lluvia ocurrida y la precipitación probab al 50 por ciento



Gráfica 4.3 Comparación entre la lluvia ocurrida, la precipitación probable y el uso consuntivo ajustado.



Gráfica 4.4. Distribución de la evaporación ocurrida durante el experimento.

## Evaluación de Tratamientos

### Producción de Tratamientos

La producción fluctúa entre 98 kg/ha y 945 kg/ha, la cual corresponde a los tratamientos  $M_4 S_1$  y  $M_1 S_0$  respectivamente, mismos que comparados con la media de producción general de riego y temporal en el Estado que es de 1,72 kg/ha en 1982, se puede considerar que es normal, al tratamiento  $m_4 S_1$  que obtuvo la media de rendimiento menor le corresponde el mínimo laboreo y una distancia de 90 cm entre surcos, mientras que el  $M_1 S_0$ , se preparó con subsuelo aradura y surco tradicional de 65 cm.

Se puede observar en el Cuadro 4.8 que entre los primeros cinco medias de tratamiento más altas no se encuentran ninguno con mínimo laboreo, ocupando el décimo, catorceavo y quinceavo lugar; mientras que el  $M_1$  ocupó el primero, quince y octavo lugar, con respecto a distancia entre surco, se observa una distribución más homogénea entre todos los tratamientos.

### Análisis Estadístico

El diseño experimental fue un bloque al azar con dos factores niveles de labranza y distancia entre surcos, se manejaron tres bloques, los resultados de producción fueron sometidos a un análisis de varianza para conocer si hub

diferencia significativa entre bloques, nivel de labranza distancia entre surcos como se muestra en el Cuadro 4.9.

Cuadro 4.7 Rendimiento de las repeticiones y sus medias, en kilogramos por hectárea

	Trat.	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Media
1	$M_0 S_0$	177	392	635	404
2	$M_1 S_0$	1087	1307	441	945
3	$M_2 S_0$	682	1278	295	752
4	$M_3 S_0$	397	75	553	342
5	$M_4 S_0$	261	412	365	346
6	$M_0 S_1$	738	292	194	408
7	$M_1 S_1$	260	390	585	412
8	$M_2 S_1$	333	546	199	359
9	$M_3 S_1$	20	343	281	215
10	$M_4 S_1$	0	208	85	98
11	$M_0 S_2$	1179	1071	65	772
12	$M_1 S_2$	394	535	196	375
13	$M_2 S_2$	442	325	116	294
14	$M_3 S_2$	413	1672	572	886
15	$M_4 S_2$	20	49	234	101
		426.8	593.0	321.0	447.0
$\bar{X}$					

Cuadro 4.8 Tratamientos y sus medias ordenadas de mayor a menor producción de grano de maíz variedad "Cafime" kg/ha.

No. Ord.	Trat.	Tratamiento kg/ha
1	$M_1S_0$	945
2	$M_3S_2$	886
3	$M_0S_2$	772
4	$M_2S_0$	752
5	$M_1S_1$	412
6	$M_0S_1$	408
7	$M_0S_0$	401
8	$M_1S_2$	375
9	$M_2S_1$	359
10	$M_4S_0$	346
11	$M_3S_0$	342
12	$M_2S_2$	294
13	$M_3S_1$	215
14	$M_4S_2$	101
15	$M_4S_1$	98

005

TET A A A A A

Cuadro 4.9 Análisis de varianza de los rendimientos de tratamientos en bloques al azar con dos factores en maíz de temporal, variedad "Cafime"

Causa de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>05</sub>	F <sub>01</sub>
Bloques	2	0.564	0.282	2.848	3.34	5.43
Nivel de labores	4	0.858	0.215	2.177	2.71	4.07
Distancia de surcos	2	0.536	0.268	2.707	3.34	5.43
Labores por surco	8	1.596	0.199	2.010	3.29	3.23
Error	<u>28</u>	<u>2.766</u>	0.099			
Total	44	6.320				

#### Análisis Económico

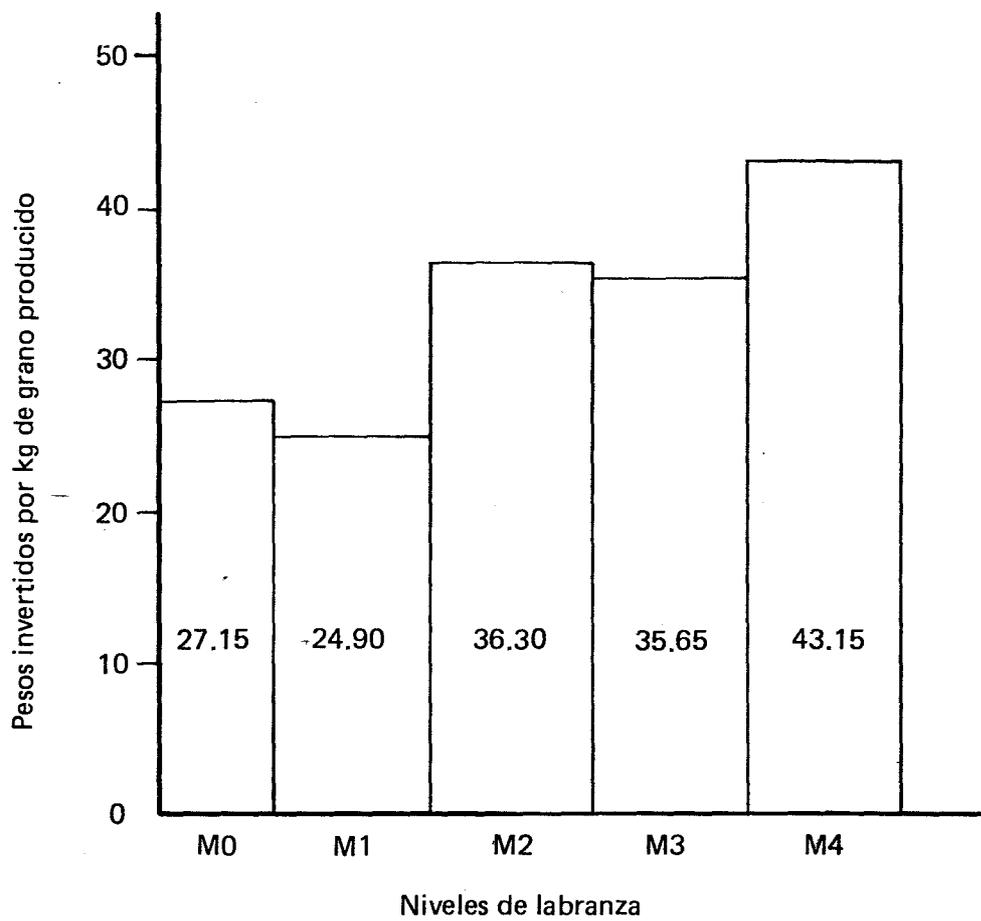
Si estadísticamente no encontramos diferencia significativa de producción, en lo económico encontramos una diferencia de \$9 300.00/hectárea, entre el nivel de labores mayor y el menor, ya que como podemos observar en el Cuadro 4.10, el nivel de labores más económico costó \$7 850.00 mientras que el más caro es de \$17 150.00, con respecto a la separación entre surcos los costos son semejantes.

Podemos comparar por otro lado las medias de rendimiento de los niveles de labranza con los costos de producción en la gráfica 4.5, claramente se observa que el tratamiento con menor inversión por kilogramo producido es el M<sub>1</sub> (subsuelo, aradura, siembra y cultivo), y en segundo lugar el M<sub>0</sub> (aradura, rastra, siembra y cultivo), en último lugar

a pesar de que la inversión es la menor unidad de superficie es donde resulta más elevado el costo de producción.

Cuadro 4.10 Costos de inversión por hectárea con diferentes niveles de labranza en cultivo de maíz. Datos actualizados a septiembre de 1985

Nivel de labranza	Concepto	Importe pesos/ hectárea	Total inversión/ hectárea
M <sub>0</sub>	Aradura	\$ 5 500.00	
	Rastra	2 800.00	
	Siembra	2 950.00	
	Cultivo	2 950.00	
			14 200.00
M <sub>1</sub>	Subsuelo	2 950.00	
	Aradura	5 500.00	
	Siembra	2 950.00	
	Cultivo	2 950.00	
			14 350.00
M <sub>2</sub>	Rastra	2 800.00	
	Aradura	5 500.00	
	Rastra	2 800.00	
	Siembra	2 950.00	
	Cultivo	2 950.00	
			17 000.00
M <sub>3</sub>	Subsuelo	2 950.00	
	Rastra	2 800.00	
	Aradura	5 500.00	
	Siembra	2 950.00	
	Cultivo	2 950.00	
			17 150.00
M <sub>4</sub>	Subsuelo	2 950.00	
	Siembra	2 950.00	
	Cultivo	2 950.00	
			7 850.00



Gráfica 4.5 Comparación de los cinco niveles de labranza en pesos invertidos por kilogramo de grano producido

## Discusión

La precipitación que se presenta durante el ciclo del cultivo fue deficiente en comparación con la normal, por lo que se reflejó en el rendimiento y en estos casos la fórmula del desierto no tuvo mejores resultados que el espaciamiento tradicional ni los niveles de laboreo, lo cual es lógico por no haber suficiente precipitación para producir escurrimiento y concentrar la humedad en la zona radicular, y que el mayor evento sucedió el día 11 de julio de 1981 y fue de escasos 2 cm la lámina que se precipitó.

Aunado a la escasa precipitación la temperatura media de cada mes fue superior a la media mensual normal, provocándose con esto una mayor evaporación que en promedio fue de 6.01 mm durante el desarrollo vegetativo del cultivo.

Los resultados de producción no fueron los que se esperaban, ya que ningún tratamiento fue superior a los 100 kilogramos por hectárea, lo que concuerda con la cantidad de precipitación ocurrida, ya que se esperaba que fuera un año normal y que la lámina de lluvia sería muy cerca de los 34 milímetros durante el ciclo vegetativo, sin embargo fue solamente de 46 milímetros en los 10 días antes de la siembra 119 milímetros durante el ciclo vegetativo, que suman un total de 165, mismos que no son ni el 50 por ciento de lo esperado.

Debido a que en estudios de esta naturaleza es necesario realizarlos durante varios ciclos consecutivos para que aumente su representatividad, los resultados obtenidos deben tomarse con las reservas necesarias.

Además, para conocer la eficiencia de las combinaciones de labranza es necesario que sean sometidas a diferentes niveles de precipitación y observar su comportamiento.

Es deseable, por otra parte hacer un seguimiento de la influencia de los tratamientos en los años siguientes.

## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de producción obtenidos y a las variables que fueron estudiadas, podemos concluir lo siguiente:

1. En el análisis de varianza que se realizó a los datos de producción no existe diferencia significativa entre tratamientos, debido probablemente a las condiciones en que fue conducido el experimento.
2. Fue un año extremadamente seco en esa zona, ya que la precipitación que se registró no llegó ni al 50 por ciento de la precipitación promedio que normalmente se presenta y al no existir escorrentía el área de captación calculada por las fórmulas de Velasco y Anaya et al. no funcionó y se comportó como surco normal y en estas condiciones el surco tradicional de 65 cm y subsuelo-aradura logró el máximo rendimiento.
3. Con respecto al nivel de labranza se concluye que con una preparación media de subsuelo-

aradura se obtuvo la más alta producción, mientras que con el mínimo de labores (subsuelo) fueron los más bajos rendimientos por lo que se acepta la hipótesis de trabajo número cuatro, bajo las condiciones del estudio.

4. Analizando económicamente la inversión-producción, encontramos que siguen siendo consistentes las conclusiones anteriores, mientras que para producir un kilogramo de grano con el mínimo de labores ( $M_4$ ) nos costó \$43.15, con subsuelo-aradura ( $M_1 S_0$ ), casi se reduce a la mitad el costo de producción, ya que fue de -\$24.90, encontrando una diferencia de \$18.25 más barato por kilogramo producido y mientras no exista más investigación con respecto al cultivo de maíz de temporal en esta región, no debemos recomendar la evolución de las prácticas de labranza y el espaciamiento entre surcos, ya que los campesinos que se han dedicado por décadas al cultivo de esta gramínea han acumulado una gran experiencia práctica.
5. Se acepta la hipótesis de trabajo número uno, ya que efectivamente en las condiciones de seco y en un suelo con textura de migajón arcillosa recultó aparentemente positivo subsolear y arar el terreno sin llegar a los extremos de un excesivo laboreo que dañe la estructura y

deflocule el suelo evitando la infiltración de agua de lluvia y provocando se forme una costra impermeable. Como también una deficiente preparación como mínimo laboreo (subsuelo) a pesar de ser aparentemente económica, la producción es mínima y resulta no rentable.

6. La hipótesis de trabajo número dos se rechaza en condiciones de extrema sequía, ya que cuando se presentan precipitaciones con baja intensidad y lámina pequeña no se produce escurrimiento y el tamaño de la cuenca de captación no influye en la producción.
7. Como el principal factor que determina el éxito o el fracaso de la agricultura de temporal es la precipitación la cual se presenta en forma aleatoria, se hace necesario realizar este estudio durante varios ciclos de cultivo consecutivos, ya que por otra parte algunas prácticas de labranza como el subsoleo pueden tener repercusiones en los años siguientes.
8. Bajo las condiciones en las que se efectuó el experimento, sobre todo en lo referente a la escasa precipitación, la hipótesis tres no resultó cierta, sin embargo, sería necesario estudiar la persistencia de los efectos de acuerdo al punto anterior.

## CAPITULO 6

### RESUMEN

El presente estudio se realizó en el ciclo agrícola de primavera-verano de 1981, en el Rancho "El Pedregal", localizado a 3 kilómetros al norte de la UAAAN, por la carretera a Saltillo.

El clima que presenta el sitio experimental es (B) seco o árido templado con régimen de lluvias de verano, temperatura media de 18°C, con una capa arable que varía 30 cm a más de 150 cm de origen calcáreo, pobre en materia orgánica en Nitrógeno y Fósforo y de pH alcalino.

La precipitación media, considerando (2 años) 12 meses en los que se realizó el estudio es de 340.8 milímetros, sin embargo en el ciclo de estudio, tuvimos una precipitación total de 165.4 milímetros.

El objetivo del trabajo fue evaluar los efectos e interacciones existentes entre niveles de labranza y espaciamiento entre surcos para determinar cuál interacción resultó más conveniente realizar para optimizar el recurso económico del campesino dedicado al cultivo de maíz de temporal en

esta zona.

Se utilizaron cinco niveles de labranza y tres espaciamientos entre surco, los niveles fueron  $M_0$  (aradura y rastra),  $M_1$  (subsuelo y aradura),  $M_2$  (rastra, aradura y rastra),  $M_3$  (subsuelo, rastra y aradura),  $M_4$  (subsuelo), este último denominado mínimo laboreo. Los surcos fueron de 65 cm, 90 y 115 cm, representando el primero al tradicional y el 115 al calculado por la fórmula del desierto, mientras que la de 90 cm fue una media arbitrariamente determinada.

En total fueron 15 tratamientos, tres repeticiones con diseño de bloques al azar. En el análisis estadístico se encontró diferencia significativa, sin embargo en el análisis económico pudimos constatar que el recurso se optimizó con el nivel de labranza  $M_1$ , y es muy probable que el subsuelo tenga repercusiones favorables en los siguientes ciclos agrícolas.

En el aspecto de fertilización no se aplicó, ya que los niveles de humedad siempre fueron muy bajos y conocemos de antemano que el Nitrógeno es un elemento muy volátil que debe ser aplicado cuando exista suficiente humedad para que se disuelva y forme parte de la solución del suelo para ser aprovechado por las plantas.

## CAPITULO 7

## LITERATURA CITADA

- Aldrich R., Samuel y Earl R. Leng. 1974. Producción Moder de Maíz y su Sistema de Manejo. Ed. Hemisferio S S.R.L. Argentina. pp. 17-18.
- Arellano G., G. 1961. Prueba de Adaptación y Rendimiento seis Maíces Híbridos y una Variedad Regional Buenavista, Saltillo, Coah. Tesis Licenciatur UAAAN. México.
- Ballivian P.,G. 1979. Modificación del Microambiente pa Producción de Maíz Forrajero bajo condiciones Temporal en chapingo. Tesis Maestría. CP Chaping México
- Blaney R.,F. and W.D. Criddle. 1947. "A method of estimati water requirements in irrigated areas from clima logical data" USDA. SCS.
- Delorit J.,R y H.L. Ahlgren. 1983. Maíz. Producción Agríco CECSA. México pp. 51-127.
- Escobedo R.,J.S. y E. Torres R. 1976. Informe de Investig ción Agrícola, Agricultura de Temporal. Campo E perimental de Zacatecas. INIA. SARH. México.
- García F.,J. 1980. Fertilización Agrícola. Biblioteca Agrí la Aedos. 2 ed. Aedos. Barcelona, España. pp. 3 46.
- Phillips H.,S y H.M. Young. 1979. Agricultura sin Labore Labranza Cero. El Futuro del no Laboreo. Hemisf rio Sur. pp. 11-16; 123-136.
- Robles S.,R. 1973. Producción de Granos y Forrajes. Import cia Nacional y Mundial. Limusa. México. pp. 9-1
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH 1982. Información Agropecuaria y Forestal. Subs cretaría de Agricultura y Operación. Dirección G neral de Economía Agrícola. México, D.F.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) y Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1977. Manual de Conservación del Suelo y del Agua. Captación in situ del agua de lluvia para la agricultura de temporal. CP. Chapingo. SARH-SPP. México pp. 137-153.

Secretaría de Educación Pública (SEP). 1983. Maíz, Manual para la Educación Agropecuaria. Producción Vegetal Trillas. México. pp. 9-10.

Velasco M., H.A. 1979. Uso y Manejo del Suelo. (Manual teórico práctico). Manejo de Suelos bajo Condiciones de Escasa Precipitación Pluvial. ITESM. México. pp. 139-149.