

"EFECTO DEL MANEJO DEL SUELO Y DEL ARREGLO TOPOLOGICO DE  
LAS PLANTAS DE SORGO PARA GRANO (Sorghum bicolor (Linn)  
Moench) EN LA CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA"

TESIS

Sometida a la consideración de la  
Escuela de Agricultura y Ganadería

de la

Universidad de Sonora

por

José Juan Duarte Ramírez

Como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo con especialidad en Fitotecnia.

Noviembre de 1980.

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

DEDICATORIA

A mis Padres

Juan Duarte Ruíz

Carmen Ramírez de Duarte

A la Profesora

Belém Aydee Rabago Cota de C.

A mi Tio

Víctor Duarte Ruíz

## A G R A D E C I M I E N T O

El presente estudio forma parte de los proyectos de investigación del campo agrícola experimental del Valle del Mayo. Navojoa, Sonora.

El autor expresa especialmente su agradecimiento al Dr. Oscar Humberto Moreno Ramos por su valiosa ayuda en la realización del presente trabajo.

Al Patronato para la investigación y experimentación agrícola en el Estado de Sonora (PIEAES) por su desinteresada cooperación.

A los directivos del Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste (CIANO) por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo.

## INDICE

	Pág.
INTRODUCCION.....	1
LITERATURA REVISADA.....	4
MATERIAL Y METODOS.....	16
RESULTADOS.....	25
DISCUSION.....	43
RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	48
BIBLIOGRAFIA.....	51
APENDICE.....	54

INDICE DE CUADROS, GRAFICA, FIGURA Y MAPA

	Pág.
Cuadro 1. Análisis de varianza para los 5 parámetros evaluados.....	26
Cuadro 2. Comparación de medias de tratamientos de labranza.....	28
Cuadro 3. Comparación de medias de distancia entre surcos.....	30
Cuadro 4. Comparación de medias de poblaciones.....	30
Cuadro 5. Comparación de medias para la interacción labranza x distancia.....	32
Cuadro 6. Comparación de medias para la interacción labranza x población.....	34
Cuadro 7. Comparación de medias para la interacción distancia x población.....	36
Cuadro 8. Comparación de medias de tratamientos para la interacción labranza x distancia x población.....	37
Cuadro 9. Comparación de medias de rendimiento de paja para la interacción labranza x distancia x población.....	39
Cuadro 10. Utilidad neta/Ha. del sorgo para grano en función de la labranza y del arreglo topológico de las plantas.....	41
Cuadro 11. Desarrollo cronológico representativo del ensayo experimental.....	57
Cuadro 12. Características físico-químicas del suelo.....	58
Cuadro 13. Relación de costos de insumos y labores en la producción de sorgo para grano en la región de Alamos, Sonora.....	60

	Pág.
Gráfica 1. Duración e intensidad de la precipitación pluvial en Tapizuelas, Alamos, Sonora. Verano 1979.....	56
Figura 1. Modelo del pluviómetro usado en el sitio experimental. Diseñado en C.P. de Chapingo, México.....	59
Mapa. Delimitación del Municipio de Alamos, Sonora.....	55

## INTRODUCCION

La población mundial aumenta en forma geométrica, mientras que la producción de alimentos lo hace en forma aritmética (Malthus 1798). Es probable que la sentencia de Malthus se cumpla solo aproximadamente; sin embargo, éste fenómeno condiciona el hecho de que al escasear los terrenos productivos, se usen aquellos con limitaciones en la producción como es el caso de las zonas temporales; en la lucha del Sector Público contra el síndrome del hambre.

En el mundo se cultivan anualmente 1'432 millones de Ha. y aproximadamente 1'239 millones bajo condiciones de temporal, ésto representa el 86% del total cultivado. El área sembrada en América Latina es de 339 millones de Ha., de las cuales el 92% se cultivan en condiciones de temporal. En el ámbito nacional, el área total cultivada es de 16 millones de Ha. de las cuales el 75% se lleva a cabo en condiciones de temporal.

En contraste con el panorama anterior, la investigación sobre tecnología de producción se ha llevado a cabo en su mayor parte para resolver los problemas de la agricultura empresarial y de riego; lo que evidentemente aumenta la brecha económica entre ambos tipos de activida-

des productivas. El análisis anterior no considera el tipo de temporal en lo que se refiere a la cantidad y oportunidad de la lluvia. Al llevar a cabo éste análisis que concatenado al aumento desmesurado de la población, condiciona la fragmentación sucesiva de los predios agrícolas hasta culminar en posesiones de tipo minifundistas que los lleva a vivir en condiciones de infrasubsistencia. Este es el caso de la mayoría de las áreas temporales de la América Latina. El Edo. de Sonora no es la excepción y así tenemos que en el área temporalera de Alamos, Sonora se da el hecho de poseer una precipitación que fluctúa de los 300-800 mm. anuales. El 90% de ésta precipitación ocurre en los meses de Julio a Octubre y el resto se reparte en los meses de Noviembre a Febrero; siendo la probabilidad de lluvia cercana a cero en el resto del año. La baja precipitación y la alta temperatura del área condicionan fuertemente la actividad agrícola; el padrón de cultivos está formado por ajonjolí (Sesamum indicum L.), sorgo (Sorghum bicolor (Linn.) Moench.), maíz (Zea mays L.), introduciéndose recientemente el cacahuate (Arachis hypogaea L.).

Las condiciones parecen indicar tratarse de un ambiente con baja probabilidad de éxito en la actividad agrí

cola, sin embargo, la presión demográfica está actualmente forzando el uso de estas áreas con serias limitaciones para dicha actividad; es por ello que el sector público está apoyando a productor a través de diferentes políticas que le permitan minimizar el riesgo, en lo que se ha integrado como el Sistema Alimentario Mexicano.

En estas condiciones resulta obvio que siendo la cantidad de agua la limitante de producción, la investigación agronómica, debe enfocarse a la obtención de tecnología de producción que permita la captación y el manejo adecuado de éste vital elemento. Este trabajo representa una pequeña contribución en este sentido; siendo el objetivo del mismo generar tecnología de producción adecuada a las condiciones del productor regional; considerando que es posible aumentar la disponibilidad de agua manejando apropiadamente la intensidad de la labranza para preparar el terreno así como el arreglo topológico de las plantas. Este aumento en las disponibilidades hídricas deberá reflejarse forzosamente en una mayor productividad del cultivo.

### LITERATURA REVISADA

Las zonas áridas de México abarcan una superficie de 806,663 Km. es decir, el 41% de la superficie del territorio nacional. En ésta área se asientan 19 Estados con 534 Municipios y en ellos viven 8'396,030 personas que representan el 19.4% de la población total (9).

La agricultura de temporal es aquella que se practica bajo condiciones de agua de lluvia cuando no se puede utilizar el riego y comprende los sistemas agrícolas que se practican en las regiones áridas y semi-áridas del Mundo.

Una característica de éste tipo de agricultura reside en su dependencia de la escasa lluvia. El temporal se caracteriza por su régimen de lluvias torrenciales (concentrado en una cierta parte del año); además de que la cantidad total es sumamente variable, la duración del período de lluvias es también sumamente difícil de pronosticar. En cualquier sistema de agricultura de temporal, la máxima retención de la precipitación en el suelo es una de las principales metas. El manejo y conservación del agua de lluvia debe basarse en los varios factores que la afectan, como son: condiciones de la superficie del suelo, características internas del mismo, contenido de humedad

y grado de saturación, duración e intensidad de la lluvia, estación del año y temperatura, además, los que pueden ser modificados por el hombre (13).

Los suelos de las zonas áridas y semi-áridas de México en general se caracterizan por su poca retención de agua, pobre en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente ricos en fósforo y extremadamente ricos en potasio. Además las condiciones de baja precipitación y alta evaporación, tienden a favorecer la acumulación de sales solubles y pH altos. Son suelos empobrecidos por inadecuados métodos de cultivo, de textura generalmente franco-arenosa. En cuanto a su morfología, se caracterizan por la presencia de un horizonte Ochric en la parte superficial con menos de 1% de Materia Orgánica; abajo de este horizonte, se halla un Cambic, Argilic, Gypsic, Calcic o Petrocalcic (17).

Se considera zona árida, aquella cuya precipitación pluvial media anual es menor de 250 mm. con altas temperaturas en Verano y bajas en Invierno. Los resultados de estas condiciones son la existencia de plantas xerófitas principalmente; no siendo posible obtener una cosecha aceptable de cereales. Las zonas semi-áridas son las que su precipitación pluvial media anual fluctúa de 250-500

mm. En general, la característica más sobresaliente de estas regiones es que su precipitación además de ser baja, se presenta en Verano en forma de fuertes chubascos, con severas y prolongadas sequías (17).

Buol, Hole y Mc. Cracken (1973) en Iowa establecieron que el rango más característico observado en los suelos de regiones secas es la acumulación de carbonatos o caliche; la suposición general es que el bicarbonato de calcio se mueve en el contorno y el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) se precipita cuando la percolación se detiene. Cuando una capa consolidada de caliche, contiene más del 15% de su equivalente, se llama horizonte cálcico. El caliche aumenta conforme aumenta la profundidad del suelo (6).

Tamayo menciona que en la mayor parte de nuestro país se presenta una temporada de lluvias generalmente del mes de Junio a mediados de Octubre, al que se le llama lluvias de Verano; éste período es antecedido por lluvias aisladas e irregulares. Hay un corto período de sequía relativa, que se puede presentar indistintamente durante los meses de Julio, Agosto y Septiembre, que se acentúa en algunos años; conocido con el nombre de Canícula o sequía intraestival. Esta sequía tiene gran importancia pa

ra los cultivos de temporal, ya que en aquellas regiones donde dicho período tenga altos valores en cuanto a su duración e intensidad, se aumenta la probabilidad de fracaso agrícola (20).

Arnon (1973) señala que no hay recetas para resolver los problemas de las zonas áridas, aún cuando puede usarse una serie de razonamientos lógicos para obtener éxito. El aumento de las disponibilidades hídricas para los cultivos de temporal se puede lograr de 3 maneras:

- a). Aumentar la precipitación pluvial.
- b). Cosechar el agua de lluvia en el suelo.
- c). Reducir la evaporación y la transpiración.

En el primer caso se ha logrado actualmente un amento en la precipitación de un 20%; en el segundo caso es necesario cosechar el agua por varios meses. En el tercer caso se ha experimentado con éxito en varias regiones áridas del país mediante el cubrimiento del suelo con diferentes materiales. Otro aspecto importante para lograr éxito en cultivos de temporal es el arreglo topológico de las plantas de dichos cultivos (4).

Se considera como el centro de origen del sorgo a Africa Oriental (Etiopía o Sudán). Su origen se especula que sucedió hace 5000-7000 años. El testimonio más anti-

guo de este cereal es una escultura del palacio de Senaquerib en Nínive Asiria, del año de 700 A.C. El primer sorgo cultivado llegó a América en 1853 por el puerto de Nueva York en EUA, estableciéndose como cultivo extensivo por primera vez en California en 1874 (21).

En México, el sorgo adquiere importancia aproximadamente en 1958 en la zona norte de Tamaulipas (Río Bravo) al iniciarse el desplazamiento del cultivo del algodón en dicha región. Con el transcurso de los años su cultivo se ha extendido prácticamente a todos los estados del país; así durante el ciclo 1978 se sembraron 1.6 millones de Ha. (3).

El sorgo es el principal cultivo de grano en las regiones sub-húmedas y semi-áridas por ser un cultivo que soporta alta temperatura y sequía. El desarrollo de los híbridos y variedades precoces ha permitido su explotación hasta zonas donde la precipitación pluvial no excede los 380 mm. anuales y un período sin helada de 130 días. Los usos del sorgo son varios, dependiendo de sus características físico-químicas; de acuerdo con las cuales se puede clasificar en cuatro grupos: Graníferos; Dulces o Azucarados que contienen un alto porcentaje de azúcar en sus tallos; de Escoba que se caracterizan por lo

largo de sus ramificaciones florales y se usan para la fabricación de escobas y cepillos; y los Herbáceos o forrajeros que producen una gran cantidad de materia seca. Algunos autores indican que el sorgo puede agruparse en 3 especies silvestres: Sorghum versicolor (2N= 10); Sorghum vulgare (2N= 20) y Sorghum halepense (2N= 40) (21).

Sivakumar (1977) en la India, realizó estudios de campo conducidos en el centro del ICRISAT para probar la relación entre la cantidad de agua y el crecimiento y acumulación de materia seca del sorgo bajo temporal, deduce que el sorgo regado exhibió conducción y potencial de la hoja comparado al no regado. Las plantas regadas mostraron mayor área foliar y mayor acumulación de materia seca, que las no regadas; mostrando diferencia entre los tratamientos en la cosecha, como un reflejo por menor amacollamiento, menor número de semillas por panícula y tamaño más pequeño de las semillas, en caso de los no regados (19):

La temperatura es un factor determinante en la adaptación del sorgo para grano; así, la óptima para la germinación es de 8-10°C, mientras que se requiere de 27-32°C para su desarrollo normal. Considerando que la precipitación es el factor limitante en la agricultura de tempo-

ral, el sorgo representa una alternativa para los valles altos de México, donde prevalecen temperaturas bajas (12).

Anaya (1975) indica que entre los métodos más prometedores para la agricultura de temporal se encuentran las terrazas de Zinng y Hauser. Estas terrazas fueron diseñadas para la conservación del suelo, captación y aprovechamiento de la lluvia en regiones áridas cuya precipitación en el ciclo de desarrollo del cultivo no es suficiente para satisfacer las demandas de agua (uso consuntivo). Esta terraza consiste en dejar un área dedicada a escurrimiento del agua (cuyas dimensiones dependen de la precipitación, propiedades físicas del terreno y del uso consuntivo) y otra área de cultivo o siembra (1).

Rodríguez y Gavande (1976) probaron diferentes relaciones de área de escurrimiento a área de siembra en sorgo para grano en las localidades de la Noria de Guadalupe en Zacatecas; Ocampo Coahuila y Cuencamé Durango; encontrando un aumento en la producción a medida que se aumenta el área de escurrimiento, pero si estos resultados se llevan a Kg./superficie física resulta mejor el tratamiento testigo que consistió en sembrar a igual distancia entre surcos (16).

Anaya y otros (1977) proponen una fórmula de fácil

aplicación para determinar la distancia entre surcos (área de escurrimiento) de cualquier cultivo de temporal considerando el uso consuntivo, las propiedades físicas del terreno, la probabilidad media de lluvia y los sistemas tradicionales de siembra en cada región; dicha fórmula es como sigue:

$$Ac = As + \frac{1}{C} \left( \frac{UC - P}{P} \times As \right) \quad \text{donde:}$$

Ac es el tamaño de la microcuenca

As es el área de siembra usada por los agricultores

C es el coeficiente de escurrimiento

UC es el uso consuntivo del cultivo

P es la probabilidad media de lluvia en los meses que dura el cultivo en cuestión (2).

Carranza y Aguilar (1974) en Calera Zacatecas probaron 4 relaciones de área de cuenca a área de cultivo, bajo el sistema de cosecha de agua "in situ" (el testigo fue el sistema tradicional) y 3 densidades de población; concluyendo que: con 209 mm. caídos entre Julio y Octubre la producción de sorgo forrajero no fue mayor en el sistema de cosecha de agua "in situ" que en el sistema tradicional (7).

En el CIANE en 1973 y 1974 se probó el sistema de cosecha de agua en terrazas en los cultivos regionales (maíz,

sorgo, frijol) y se ha comprobado que destinando una cierta superficie de terreno para captar agua de lluvia, se incrementan los niveles de humedad aprovechable con respecto al sistema tradicional hasta en un 40%. Resultados que no son satisfactorios ya que se sacrifica hasta un 300% de terreno cultivable.

Anaya y otros en Chapingo, México proponen varios métodos simples, cuya aplicación significaría un importante incremento en la eficiencia del agua de lluvia; como son el trazo de surquería en contorno o en el sentido de la menor pendiente, labranza del suelo profunda, cobertura de la superficie del suelo con diferentes materiales (2).

La investigación realizada sobre prácticas de labranza del suelo, durante 4 años en el área de influencia del CIANOC, tuvo como objetivos encontrar los mejores métodos de preparación de suelos para los cultivos básicos bajo condiciones de temporal. La evaluación fue a través de la influencia en rendimiento de grano, características vegetativas y midiendo el contenido de humedad del suelo. Para lograr ésta información se diseñaron experimentos donde se estudiaron las practicas de subsoleo, cinceleo, barbecho y rastreo con diversas combinaciones y profundidades. De las prácticas estudiadas se encontró que el

barbecho tiene un papel muy importante en la preparación del suelo, ya que al incorporar los residuos orgánicos en la capa superficial del suelo, disminuye su compactación, propiciando la formación de una buena cama de siembra.

El subsoleo, se ha concluido que su utilidad es clara en donde las condiciones de humedad del suelo no son limitantes para el buen desarrollo de los cultivos, específicamente bajo condiciones de riego. En condiciones de baja precipitación la práctica de subsoleo no mostró ser más eficiente que la de barbechar en la producción de cereales, así como en lo que se refiere en el contenido de humedad del suelo. Todo esto indica, que no es recomendable la práctica de subsoleo, dado su alto costo y las utilidades mínimas de temporal (18).

Blum y Ebercon (1974) en Israel, explorando la asociación entre la acumulación del aminoácido prolina libre en el agua impulsada en las hojas y la resistencia a sequía de varios cultivares de sorgo para grano, dedujeron que la prolina libre acumulada en el agua absorbida en las hojas, está relacionada a la habilidad de un cultivar a recuperarse de la tensión como una fuente de energía respiratoria (prolinas) en la recuperación de las plantas (5).

Jones (1977), en Australia, probando la adaptación osmótica de las hojas de dos variedades de sorgo bajo condiciones de sequía observó que en suelos compactados y con deficiencia de humedad, la marchitez fue muy clara y primero. En ambos cultivares los tratamientos de tensiones alteraron la interrelación entre el potencial del agua de la hoja y el contenido de humedad relativa (11).

Merril y Rawlins (1976) en California, investigaron la distribución y crecimiento de las raíces del sorgo con diferentes niveles de humedad en un suelo franco-arenoso y encontraron que cuando la penetración de las raíces fue profunda, la densidad y longitud de raíces fue proporcionalmente menor en los tratamientos con menor humedad. Los centroides de longitud y densidad de las raíces se localizaron a 10-15 cm. más arriba en los tratamientos con riegos diarios, que los correspondientes regados con menor frecuencia. La longitud y el peso seco de las raíces fue 20 a 30% más alto con riegos diarios que con menos riegos (14).

En la agricultura de temporal el manejo del suelo para la máxima conservación de humedad bajo cualquier condición de precipitación se puede lograr con labores profundas y con adición de materia orgánica incorporada al sue-

lo con un barbecho o como cubierta del suelo para evitar la evaporación, así mismo el laboreo superficial para crear la llamada "cubierta de polvo" para romper la continuidad de los poros capilares reduciendo así la velocidad con que el agua se trasmite a la superficie del suelo (10).

## MATERIAL Y METODOS

El municipio de Alamos, Sonora, con un área de 8'286 Km.<sup>2</sup> está limitado al norte con Uruachi, Chihuahua y Rosario; al sur con Choix y El Fuerte, Sinaloa; al este con Chínipas, Chihuahua y al oeste con Navojoa.

Geográficamente, Alamos se localiza entre los paralelos 26° 25' y 27° 55' de Latitud Norte y entre los Meridianos de 108° 27' y 109° 23' Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, la cabecera del municipio es la ciudad de Alamos con altura de 385 m. s.n.m.

En el municipio se explotan 617'297 Ha. de agostadero, 16'934 de agricultura de temporal, 180 Ha. de riego y 57'350 Ha. de bosques.

Entre los cultivos anuales que se explotan en esta área, el sorgo para grano ocupa anualmente 5'000 Ha. aproximadamente el rendimiento promedio de este cereal en años normales es de 1000 Kg./Ha. con un costo de producción de \$2,657.00/Ha. mientras que el precio medio rural es de \$2,335.00 tonelada; es decir, bajo esta relación de precios de insumos y producto el productor no cubre ni los costos de producción.

A lo largo del municipio pueden distinguirse 3 zonas

diferenciadas por sus características climatológicas, agrícolas, hidrológicas y de vegetación. En base a lo anterior se deduce en forma indirecta el uso potencial de los recursos existentes, para de ésta manera reorientar los programas de desarrollo agropecuario. Estas zonas se describen como sigue:

ZONA A. Es de características montañosas, ocupa aproximadamente un 20% de la superficie total. La temperatura media anual es de 22°C con oscilaciones de 7-14°C dentro de un mes. Su régimen de lluvias es de Verano principalmente, con precipitaciones de 600-800 mm. anuales, características que lo ubican según Koppen-E. García en las categorías de (A) C(Wa) a (e) y AWO (X') (e).

Los suelos de esta zona varían con la orografía, encontrándose desde los profundos de textura franca que están en las cañadas y pequeños valles, hasta aquellos de textura pesada. La orografía está formada por las estratificaciones de la Sierra Madre Occidental con prominencias que alcanzan hasta 1'800 m. Las principales serranías son: Taimuco, San Pedro, Gochico, Charuco, Las Guásimas, Los Molinos, Los Tanques, San Bernardo y otras. La vegetación corresponde a la de bosque latifoliado caducifolio, esclerófilo formado por especies del género *Pinnus* y *Quer*

cus en asociación con arbustos y pastizales. El coeficiente de agostadero según COTECOCA es de 16.2-22 Ha. por unidad animal; también son abundantes las leguminosas arbustivas que proporcionan forraje de ramoneo.

Esta región constituye geohidrológicamente la zona de recarga de las cuencas de los Ríos Mayo y Fuerte principalmente y las corrientes importantes son de tipo intermitentes. El área es de 136'949 Ha., el 16.6% ocupado por 11 ejidos y el resto por pequeños propietarios.

Es la zona con mejores condiciones para una agricultura de tipo intensivo, complementada con actividades de tipo pecuarias en base a explotaciones agrostológicas; así mismo, se puede aprovechar en lo posible los recursos forestales apoyados con la infraestructura necesaria.

ZONA B. Sus características orográficas corresponden a cerros y lomerios de poca altura; ocupando la parte media del municipio con el 39% de la superficie total. El clima está definido por temperatura media anual de 18-22°C con oscilaciones de 7-14°C en un mismo mes. El régimen de lluvias es de Verano con 500-800 mm. anuales, lo que define el clima como semicálido, cálido, representando según Koppen/-E. García como AW(X')(e) y BS(h')W(e).

Los suelos de esta zona son muy variados, predominan

do los de textura franco y franco-arenoso. Su profundidad varía de .5- 3 m. con afloramientos de rocas volcánicas en los cerros las pendientes del terreno van de 5-60% o más con buenas condiciones de drenaje.

La vegetación de la zona, según COTECOCA varía desde matorral alto espinoso micrófilo hasta de 4 m. de altura y especies arbustivas dispersas desde los 150-1000 msnm.

Su coeficiente de agostadero es de 16.2-22 Ha. por unidad animal, encontrándose múltiples leguminosas arbustivas que proporcionan forraje de ramoneo. Esta zona ocupa 274'147 Ha. de las cuales el 40.2% es ejidal (17 ejidos) siendo pequeña propiedad el resto; encontrándose aquí los mejores agostaderos y mejores condiciones para la agricultura de temporal.

ZONA C. Comprende el inicio de la planicie costera con pequeñas elevaciones, representa el 40.5% de la superficie total del municipio. Su régimen de lluvias es de Verano principalmente. La precipitación media anual es de 400-600 mm. con temperaturas de 25°C (media anual) por lo que de acuerdo al sistema de Koppen -E. García corresponde a la categoría de seco o estepario representado por BS(h')W(e).

Los suelos del área son profundos predominando la

textura franco-arenosa, con bajo contenido de materia orgánica, topografía plana con ligeras ondulaciones y pendientes suave hacia el mar. La vegetación corresponde a matorral alto espinoso formado por un estrato arbustivo hasta de 4 m. de altura, cactáceas y especies arbóreas aisladas hasta de 6 m. de altura. Su coeficiente de agostadero según COTECOCA es de 21-32 Ha. por unidad animal, existiendo leguminosas arbustivas que proporcionan forraje de ramoneo.

Comprende 280'062 Ha. de las cuales el 43.2% corresponde a 42 ejidos y el resto es pequeña propiedad.

En vista de tal situación se realizó un trabajo de investigación en el ciclo Verano 1979 con un agricultor cooperante (Laureano Alcantar) en el ejido de Tapizuelas, al sur de Alamos, Sonora ( mapa ) considerando que: Este sitio es representativo de las condiciones de producción de sorgo en la región; los genotipos tardíos tipo Oromex son los que tienen mayores posibilidades en la región; que la fertilización y el resto de las prácticas culturales empleadas se acercan al manejo óptimo del sorgo.

El experimento consistió en someter al cultivo del sorgo a 48 tratamientos; que son el resultado de todas las combinaciones de 3 prácticas de labranza del suelo



(Subsoleo+Barbecho+Rastro; Barbecho+Rastro; Rastro)  
con 4 distancias entre surcos (60, 75, 92, 109 cm.) y 4  
densidades de población (25, 45, 65, 85 mil plantas por  
Ha.).

El manejo agronómico del experimento condicionó el  
bloqueo de algunos efectos; en este caso se decidió con-  
fundir completamente los efectos factoriales correspon-  
dientes a la interacción labranza por distancia entre sur-  
cos. Este hecho originó que finalmente el ensayo quedara  
como 12 experimentos en serie de 3 intensidades de labran-  
za por 4 distancias entre surcos = 12 experimentos en se-  
rie. Dentro de cada experimento se colocaron las 4 densi-  
dades de población antes indicadas; las 4 poblaciones se  
repetieron 3 veces en cada experimento.

La parcela experimental fue de  $30 \text{ M}^2$ . (6 x 5 M); va-  
riando la parcela útil para cada distancia entre surcos.

Previo al inicio del experimento se muestreó el sue-  
lo a 3 profundidades (0-30, 30-60, 60-90). La metodolo-  
gía de análisis (Cuadro 12) que nos indica capacidad mode-  
rada del suelo para retener humedad; pH ligeramente alcali-  
no en las 3 profundidades; por su contenido de sales se  
clasifica como normal; extremadamente pobre en materia or-  
gánica y nitrógeno baja probabilidad de problemas con so-

dio intercambiable, aún cuando el alto contenido de bicar<sup>bonatos</sup> indica cierta probabilidad de carbonato de sodio residual y alta probabilidad de clorosis en cultivos susceptibles.

La textura resultó ligera en sus 3 profundidades; contenido medio de fósforo y extremadamente alto de potasio y finalmente, de acuerdo a la velocidad de infiltración sin problema de drenaje interno.

Antes de establecerse el ensayo, se fertilizó ~~todo~~ el lote con la fórmula 80-40-0 empleando Urea (46% N) y superfosfato triple de calcio (46% P<sub>2</sub> O<sub>5</sub>).

La variedad de sorgo empleada fue Oromex - 249, dado que en ensayos anteriores resultó consistentemente superior al resto de los genotipos probados.

La siembra se realizó el 1 de Agosto de 1979, después de la primera lluvia, usando 10 Kg. de semilla por Ha. en forma manual, para aclarar posteriormente a la densidad requerida el desarrollo cronológico del cultivo se concentra en el Cuadro 11.

La emergencia de plántulas sucedió a los 4 días después de la siembra, iniciándose el amacollamiento a los 20 días; a los 30 días se le dió el primer cultivo para el control de quelite bleado (Amaranthus palmeri Watson) y to-

loache (Datura stramonium L.); a los 40 días se le aplicó Sevín (N- naftil metilcarbamato) granulado al 5% para el control de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda Smith) en una dosis de 10 Kg. por Ha. en forma manual. El embuchamiento se inició a los 50 días apareciendo las primeras inflorescencias a los 60 días. La madurez comercial se presentó a los 110 días.

Este año, el temporal fue excepcionalmente seco y de muy poca duración. En el sitio del experimento se tuvieron 324 mm. de lluvia en los meses de Julio a Septiembre (Gráfica 1) retirándose las lluvias cuando el cultivo inció su floración.

En el desarrollo del experimento se cuantificó información que permitiera evaluar el efecto de los tratamientos, que fue:

a). Precipitación pluvial, ésta información es a nivel de sitio y para evaluarla se usó un pluviómetro de construcción relativamente simple, como se muestra en la Fig. 1.

b). Porcentaje de humedad aprovechable en el suelo usando barrena Vehimeyer y también mediante el uso de tensiómetros.

c). Altura de las plantas en cm. mediante regla gra-

duada.

d). Densidad de población para medir la capacidad de producir hijuelos.

e). Número de hojas por planta.

f). Rendimiento de forraje en Kg./Ha. mediante báscula de reloj.

g). Rendimiento de grano en Kg./Ha. mediante báscula de aproximación.

En donde fue posible se llevó a cabo un análisis estadístico de la información.

Considerando las relaciones de precios existentes se realizó un análisis económico para lo que fue necesario calcular el ingreso neto que se obtendría mediante la venta del producto de cada tratamiento. Dicho ingreso se calculó como sigue:

$$IN = RG \times PG + RP \times PP - (CF + CV)$$

IN= Ingreso neto

RP= Rendimiento de paja

PP= Precio de la paja

CV= Costos variables

RG= Rendimiento de grano

PG= Precio del grano

CF= Costos fijos

## RESULTADOS

Los resultados se concentran en los Cuadros del 1 al 11. En la comparación de medias de los tratamientos, se usó la prueba de Tukey al 5%.

Al realizar el análisis de varianza, para el rendimiento de grano, se tuvo una diferencia altamente significativa para los 3 factores estudiados (labranza, distancia entre surcos y población), así como para todas sus interacciones; sucediendo lo mismo con el rendimiento de paja. En el análisis de altura de planta, no hubo diferencia significativa para el factor población, sí habiéndola para los demás factores y sus interacciones. En el análisis de varianza del número de hojas por planta se encontró una diferencia altamente significativa en los 3 factores y sus interacciones. El análisis de varianza del ahijamiento (número de tallos por planta) mostró que existe una diferencia altamente significativa para los 3 factores estudiados y sus respectivas interacciones (Cuadro 1).

Al comparar los tratamientos de labranza, con la prueba de Tukey al 5%, se deduce que la práctica de subsoleo+barbecho+rastreo dió más rendimiento de grano que las otras 2; con la labor de rastreo solamente no se tuvo cosecha de grano.

Cuadro 1. Análisis de varianza para los 5 parámetros evaluados.

Fuente de Variación	G.L.	Rendimiento de grano			Rendimiento de paja			Altura de planta			No. Hojas			No. Tallos		
		C.M.	Fc.	F0.05	C.M.	Fc.	F0.01	C.M.	Fc.	F0.01	CM	Fc.	C.M.	Fc.	C.M.	Fc.
Repeticiones	2	8 300.8	3.44	5.72	116 367	0.819		0.7778	0.34	3.44	5.72	9.63	1.88	0.048	2.65	
Labranza	2	14 804 030.9	1 643.4	3.44	5.72	247 841 710	1 745.29	12 916.46	5 689.5	3.44	5.72	23.00	4.50	4.777	260.9	
Dis. entre surcos	3	18 166 151.9	2 016.7	3.05	4.82	18 840 947	132.6	8 048.53	3 545.2	3.05	4.82	74.21	14.54	3.212	175.4	
Lab. x dist.	6	5 022 626.6	557.5	2.55	3.76	24 282 224	170.9	7 411.97	3 264.8	2.55	3.76	66.40	13.01	1.296	70.8	
Error (a)	22	9 007.7			142 006			2.2702				5.10		0.183		
Población	3	52 125.8	3.65	2.78	4.16	24 129 829	88.62	1.2778	0.44	4.16	4.16	9.95	6.46	2.416	101.0	
Lab. x Pob.	6	46 939.7	3.28	2.27	3.15	12 494 598	45.89	7.5674	2.63	2.27	3.15	6.14	3.99	0.583	24.3	
Dist. x Pob.	9	51 228.3	3.58	2.05	2.75	16 782 205	61.64	8.1358	2.83	2.05	2.75	1.24	0.80	0.342	14.3	
Lab. x dist. x Pob.	18	49 914.8	3.49	1.83	2.35	18 057 905	66.32	4.6289	1.61	1.83	2.35	4.48	2.91	0.398	16.6	
Error (b)	54	14 271.2			272 254			2.8727				1.54		0.023		
T o t a l	143	819 315.2			9 378 743			663.71				7.97		0.349		

El rendimiento de paja se vió favorecido por la práctica de barbecho+rastreo (16 Ton./Ha.) teniéndose menos paja con la labor de rastreo solamente. La altura de planta se vió afectada por las prácticas de preparación del suelo, dado que con barbecho+rastreo se tuvo mayor altura que con la labor de subsoleo. El número de hojas por planta no se vió afectado por el subsoleo y el barbecho, es decir, ambas prácticas dieron el mismo follaje; no sucediendo lo mismo con el número de tallos por planta, que fue mayor (2.7 tallos/planta) con la labor de subsoleo+barbecho+rastreo y menor con la labranza de rastreo solamente (Cuadro 2).

La comparación de las medias de los tratamientos de distancia entre surcos indica que a medida que se fue aumentando ésta, se aumentó el rendimiento de grano; teniéndose los más altos rendimientos de grano (1,634 Kg./Ha.) con la distancia de 109 cm. A 60 cm. entre surcos se tuvo muy bajos rendimientos de grano y de paja, sin embargo, la altura de planta para la distancia de 60 cm. fue mayor que las de 75 y 92 cm. lográndose la mayor altura de planta con la distancia de 109 cm. Así mismo, con esta distancia se tuvo mayor cantidad de follaje de la planta (número de hojas por planta) y más hijuelos por planta (1.8 hijuelos)

Cuadro 2. Comparación de medias de tratamientos de labranza.

Labranza.	Rendimiento grano (Kg./Ha.)	Rendimiento paja (Kg./Ha.)	Altura planta (cm.)	No. Hojas por planta	No. Tallos por planta
SBR	1,108.5 a	15,163.1 b	103.85 b	18.7 a	2.7 a
BR	614.0 b	16,361.0 a	104.81 a	18.7 a	2.6 b
R	000.0 c	11,965.5 c	86.17 c	17.5 b	2.1 c

## TUKEY

0.05 = 40.54      160.99      0.64      0.96      0.05

C.V. = 20.8 %      3.6 %      3.4 %      6.7 %      6.2 %

S = Subsoleo

B = Barbecho

R = Rastreo

(Cuadro 3).

La comparación de medias de los tratamientos de población indica que la población de 25,000 plantas/Ha. fue la que dió el menor rendimiento de grano y de paja; las poblaciones de 45, 65 y 85 mil plantas/Ha. dieron estadísticamente el mismo rendimiento de grano. En cuanto al rendimiento de paja, se tuvo el más grande con la población de 65,000 plantas/Ha. No hubo diferencia estadística entre las 4 poblaciones para la variable altura de planta. El número de hojas por planta fue estadísticamente igual en las poblaciones de 25, 45 y 65,000 plantas/Ha. Con las poblaciones más altas (65 y 85,000 plantas/Ha.) se tuvo menor ahijamiento de las plantas; encontrándose que la población de 25,000 plantas tuvo el mayor número de tallos por planta (1.8 hijuelos) (Cuadro 4).

La comparación de medias para los tratamientos de la interacción labranza x distancia indica que con la labranza de subsoleo+barbecho+rastreo se tuvo rendimiento de grano en las 4 distancias entre surcos, mientras que con barbecho+rastreo se tuvo cosecha de grano solamente con la distancia de 109 cm., que estadísticamente es igual a la obtenida con esa distancia y las labores de subsoleo+barbecho+rastreo. Con la labranza de rastreo solamente no

Cuadro 3. Comparación de medias de distancia entre surcos.

<u>Distancia.</u> (cm.)	<u>Rendimiento</u> grano (Kg./Ha.)	<u>Rendimiento</u> paja (Kg./Ha.)	<u>Altura</u> planta (cm.)	<u>No. hojas</u> por planta	<u>No. tallos</u> por planta
60	128.4 d	13,491.2 d	97.25 b	17.9 b	2.5 b
75	305.6 b	14,800.5 b	89.08 c	17.5 b	2.4 b
92	228.5 c	14,514.6 c	82.56 d	17.4 b	2.1 c
109	1,634.1 a	15,179.6 a	124.22	a 20.4	a 2.8 a

TUKEY

0.05	56.94	226.10	0.90	1.35	0.07
------	-------	--------	------	------	------

Cuadro 4. Comparación de medias de poblaciones.

<u>Población</u> (Miles/Ha.)	<u>Rend.</u> grano (Kg./Ha.)	<u>Rend.</u> paja (Kg./Ha.)	<u>Altura</u> planta (cm.)	<u>No. hojas</u> por planta	<u>No. tallos</u> por planta
25	519.1 b	13,601.0 d	98.47 a	18.5 a	2.8 a
45	579.7 a b	14,053.5 c	98.39 b	17.5 b	2.5 b
65	604.3 a	15,407.5 a	98.19 b	18.7 a	2.3 c
85	593.5 a	14,924.0 b	98.06 b	18.4 a	2.2 c

TUKEY

0.05	=	68.88	300.89	0.98	0.71	0.08
------	---	-------	--------	------	------	------

se tuvo cosecha de grano en ninguna de sus 4 distancias en tre surcos, la producción de materia seca se incrementó con las labores de barbecho+rastreo a 109 cm. entre surcos (19,260 Kg./Ha.); teniéndose el menor rendimiento de paja con la práctica de rastreo en sus 4 distancias entre sur cos. La altura de planta alcanzó su mayor expresión con la práctica de subsoleo+barbecho+rastreo a 109 cm. entre surcos (198 cm.) alcanzándose la menor con rastreo a 109 cm. entre surcos, teniéndose una cosa similar para el ahijamiento, con la labor de rastreo a 92 y 109 cm. entre sur cos se tuvo el menor número de hijuelos (1 hijuelo/planta), mientras que con labores de subsoleo+barbecho a la distancia de 109 cm. entre surcos, se tuvo el mayor número de ta llos por planta (2.8) (Cuadro 5).

La comparación de medias de los tratamientos para la interacción labranza por población, indica que se tuvo el mismo rendimiento de grano con las labranzas de subsoleo+barbecho+rastreo y barbecho+rastreo para las poblaciones de 45, 65 y 85 mil plantas por Ha. (1,100 Kg./Ha.), mientras que para la labor de rastreo solamente no se cosecho grano en sus 4 poblaciones. La producción de forraje se incrementó con las labores de barbecho+rastreo o en las po blaciones altas (65 y 85 mil plantas/Ha.) donde se cosecha

Cuadro 5. Comparación de medias para la interacción labranza x distancia.

Labranza.	Distancia. (cm.)	Rend. grano (Kg./Ha.)	Rendimiento paja (Kg./Ha.)	Altura planta (cm.)	No. hojas por planta	No. tallos por planta
SBR	60	385.3 d	14,734.3 c d	117.67 e	16.8 c	2.6 d
SBR	75	917.0 b	16,425.5 b	129.00 d	18.6 b c	2.8 b
SBR	92	685.5 c	14,679.6 c d	108.33 g	16.0 c	2.0 d
SBR	109	2,446.4 a	14,813.0 c d	198.89 a	23.2 a	3.2 a
BR	60	0.0 e	14,608.3 d	140.22 c	18.3 c	2.5 c
BR	75	0.0 e	15,192.1 c	109.89 g	17.0 c	2.5 c
BR	92	0.0 e	16,384.3 b	112.44 f	17.5 c	2.2 d
BR	109	2,456.0 a	19,259.1 a	196.44 b	22.0 a b	3.2 a
R	60	0.0 e	11,131.0 f	131.11 d	18.5 c	2.5 c
R	75	0.0 e	12,784.0 e	117.44 e	16.7 c	2.5 c
R	92	0.0 e	12,480.0 e	109.44 g	18.7 b c	2.0 d
R	109	0.0 e	11,466.8 f	101.56 h	16.0 c	2.0 d

## TUKEY

0.05 = 141.10 560.23 2.24 3.36 0.20

S = Subsoleo

B = Barbecho

R = Rastreo

ron 18 toneladas de forraje por Ha. Los más bajos rendimientos de paja se dieron con rastreo en sus 4 poblaciones. Con las labranzas de subsoleo+barbecho se tuvo la misma altura de plantas estadísticamente en las 4 poblaciones; mientras que con la práctica del rastreo se tuvo muy poca altura de planta.

En cuanto al número de hojas por planta tampoco hubo diferencia entre las labranzas de subsoleo+barbecho en las 4 poblaciones; teniéndose menor follaje con la labor de rastreo en sus 4 poblaciones. El ahijamiento de las plantas se favoreció con la práctica del barbecho+rastreo en la población de 25,000 plantas por Ha. (3.2 tallos/planta), que es estadísticamente igual al tratamiento con subsoleo para esa misma población; teniéndose menos hijuelos por planta con rastreo en sus 4 poblaciones, así como en las otras 32 prácticas con las poblaciones altas (65 y 85 mil plantas/Ha.) (Cuadro 6).

En la comparación de las medias para los tratamientos de la interacción distancia entre surcos por población; se vé claramente el efecto del primer factor ya que los rendimientos más altos de grano se tuvieron con la distancia de 109 cm. entre surcos con las poblaciones de 45, 65 y 85 mil plantas/Ha. que fueron iguales estadísticamente (1,680

Cuadro 6. Comparación de medias para la interacción labranza x población.

Labranza.	Población (miles/Ha.)	Rendimiento grano (Kg./Ha.)	Rendimiento paja (Kg./Ha.)	Altura planta (cm.)	No. hojas por planta	No. Tallos por planta
SBR	25	1,048.1 a	13,471.2 d	104.25 a	18.5 a b	3.0 a b
SBR	25	1,154.2 a	15,435.7 c	103.67 a	17.8 a b c	2.5 c
SBR	65	1,173.0 a	16,352.8 b	104.00 a	19.6 a	2.7 b c
SBR	85	1,058.7 a	15,392.7 c	103.50 a	18.8 a	2.5 c
BR	25	509.2 c	14,995.1 c	105.58 a	19.2 a	3.2 a
BR	45	585.0 b c	14,996.5 c	104.17 a	18.3 a b	2.7 b c
BR	65	639.8 b	18,047.0 a	105.58 a	18.0 a b c	2.2 d
BR	85	721.9 b	17,405.2 a	103.92 a	19.4 a	2.2 d
R	25	0.0 d	12,336.8 e	85.58 b	18.0 a b c	2.2 d
R	45	0.0 d	11,728.1 e	86.75 b	16.5 c	2.2 d
R	65	0.0 d	11,822.7 e	85.58 b	18.5 a b	2.0 d
R	85	0.0 d	11,974.2 e	86.75 b	17.0 b c	2.0 d
TUKEY						
0.05 =		167.59	732.03	2.38	1.73	0.21

TUKEY

0.05 =

S = Subsoleo

B = Barbecho

R = Rastro

Kg./Ha.), con la distancia de 60 cm. y 25 mil plantas/Ha. se tuvieron los rendimientos más bajos (110 Kg./Ha.). La producción de forraje se vió también muy influenciada por la distancia, ésto es, que con 109 cm. entre surcos y altas poblaciones (65 y 85 mil plantas/Ha.) se tuvo la mayor producción de paja; mientras que la población de 25 mil plantas/Ha. y 60 cm. entre surcos se tuvo el menor rendimiento de paja. La distancia de 109 cm. entre surcos en sus 4 poblaciones tuvieron la mayor altura de planta que los demás tratamientos de ésta interacción (125 cm.), teniéndose la menor altura de planta a la distancia de 92 cm. entre surcos en sus 4 poblaciones. Se tuvo más follaje por planta con la distancia de 109 cm. entre surcos en sus 4 poblaciones (20.8 hojas por planta), obteniéndose el menor número de hojas por planta con la distancia de 92 cm. entre surcos para sus 4 poblaciones. Los tratamientos de 25 mil plantas por Ha. en las distancias de 60 y 109 cm. entre surcos, tuvieron el mismo número de tallos por planta (3) que fue el mayor de los 16 tratamientos de ésta interacción. Los menores ahijamientos se tuvieron con las poblaciones altas (65 y 85 mil plantas/Ha.) para las separaciones entre surcos de 92 y 109 cm. (Cuadro 7).

En el Cuadro 8 se concentra la comparación de medias

Cuadro 7. Comparación de medias para la interacción distancia x población.

Distancia (cm.)	Población (Miles/Ha.)	Rendimiento grano (Kg./Ha.)	Rendimiento paja (Kg./Ha.)	Altura planta (cm.)	No. hojas por planta	No. tallos por planta
60	25	110.6 d	10,873.1 h	98.11 b	18.5 b c	3.0 a b
60	45	127.1 c d	13,768.1 f	96.78 b	16.8 d	2.6 c d
60	65	137.2 c d	15,058.7 b c	96.89 b	18.4 c d	2.3 d e
60	85	138.7 c d	14,265.- d e f	97.22 b	17.7 c d	2.3 d e
75	25	285.1 c d	15,416.7 a b c	89.22 c	17.5 c d	2.6 c d
75	45	306.2 c d	15,407.0 a b c	88.44 c	17.1 d	2.7 b c
75	65	308.2 c d	14,962.5 b c d	89.56 c	18.2 c d	2.3 d e
75	85	323.1 c	13,416.0 f	89.11 c	17.1 d	2.0 e
92	25	245.4 c d	14,094.5 d e f	81.44 d	17.5 c d	2.3 d e
92	45	204.2 c d	12,165.5 g	83.89 d	16.8 d	2.0 e
92	65	302.5 c d	15,621.6 a b c	82.00 d	17.5 c d	2.1 e
92	85	161.7 c d	16,166.8 a	82.89 d	17.7 c d	2.0 e
109	25	1,435.3 b	14,019.8 e f	125.11 a	20.6 a b	3.3 a
109	45	1,681.5 a	14,863.3 c d e	123.67 a	19.4 a b c	2.6 c d
109	65	1,669.2 a	15,987.1 a	125.11 a	20.8 a	2.6 c d
109	85	1,750.5 a	15,848.4 a b	123.00 a	20.8 a	2.6 c d

TUKEY

0.05 = 205.07 895.71 2.91 2.12 0.26

**Cuadro 8.** Comparación de medias de tratamientos para la interacción labranza x distancia x población.

Labranza.	Distancia (cm.)	Población (miles/Ha.)	Rendimiento grano (Kg./Ha.)
BR	109	85	2,887.6
SBR	109	45	2,704.3
BR	109	65	2,559.3
SBR	109	65	2,448.3
SBR	109	85	2,364.0
BR	109	45	2,340.0
SBR	109	25	2,269.0
BR	109	25	2,037.0
SBR	75	85	969.3
SBR	75	65	924.6
SBR	75	45	918.6
SBR	92	65	907.6
SBR	75	25	855.3
SBR	92	25	736.3
SBR	92	45	612.6
SBR	92	85	485.3
SBR	60	85	416.3
SBR	60	65	411.6
SBR	60	45	381.3
SBR	60	25	332.0
R	109	25	00.0
R	109	45	00.0
R	109	65	00.0
R	109	85	00.0
R	60	25	00.0
R	60	45	00.0
R	60	65	00.0
R	60	85	00.0
R	75	25	00.0
R	75	45	00.0
R	75	65	00.0
R	75	85	00.0
R	92	25	00.0
R	92	45	00.0
R	92	65	00.0
R	92	85	00.0
BR	60	25	00.0
BR	60	45	00.0
BR	60	65	00.0
BR	60	85	00.0
BR	75	25	00.0
BR	75	45	00.0
BR	75	65	00.0
BR	75	85	00.0
BR	92	25	00.0
BR	92	45	00.0
BR	92	65	00.0
BR	92	85	00.0

TUKEY

0.05 = 373.82

para los tratamientos de la triple interacción (los 48 tratamientos a que fue sometido el cultivo) para la variable de rendimiento de grano; que indica que los tratamientos de barbecho+rastreo a 109 cm. entre surcos y 65 y 85 mil plantas/Ha. dieron estadísticamente los mismos rendimien-  
tos que fueron los mejores (2,800 Kg./Ha.), así mismo e  
tratamiento de subsuelo+barbecho+rastreo a 109 cm. entre  
surcos y 45 mil plantas/Ha. dió igual rendimiento que los  
anteriores. A medida que se disminuye la intensidad de la  
labranza, así como la distancia entre surcos, se disminuye  
el rendimiento de grano, de tal forma, que con la labor de  
rastreo solamente no se tuvo grano en ninguna de sus dis-  
tancias ni poblaciones, sucediendo lo mismo con las prácti  
cas de barbecho+rastreo a las distancias de 60, 75 y 92  
cm. entre surcos en sus 4 poblaciones.

La comparación de medias de los 48 tratamientos de la triple interacción para la variable rendimiento de paja se muestra en el Cuadro 9; que nos indica que con la práctica del barbecho+rastreo a 92 cm. entre surcos y con las pobla-  
ciones de 65 y 85 mil plantas/Ha. se tuvieron los más al-  
tos rendimientos de forraje (20 Ton./Ha.), obteniéndose  
el más bajo rendimiento de materia seca con la labor de  
rastreo a 60 cm. entre surcos y 25 mil plantas/Ha. En ge-

Cuadro 9. Comparación de medias de rendimiento de paja para la interacción labranza x distancia x población.

Labranza.	Distancia (cm.)	Población (miles/Ha.)	Kg./Ha.
BR	92	85	22,460.6 a
BR	92	65	20,017.3 a b
BR	109	45	19,641.0 b
BR	109	65	19,533.0 b
BR	109	25	19,349.6 b
SBR	75	25	18,814.3 b c
BR	109	85	18,513.0 b c d
SBR	75	45	17,481.0 c d e
SBR	109	85	17,362.6 c d e
SBR	60	65	17,142.0 d e
SBR	60	45	17,138.3 d e f
SBR	109	65	16,971.3 d e f
BR	60	65	16,934.6 d e f
R	92	25	16,656.6 e f
SBR	92	65	16,483.3 e f
BR	60	85	16,425.3 e f g
BR	75	45	16,259.0 e f g
BR	75	65	15,703.0 f g h
SBR	92	85	15,644.3 f g h
BR	75	25	15,584.6 f g h
SBR	75	65	14,814.6 g h i
SBR	75	85	14,592.0 h i
R	75	65	14,370.0 h i
SBR	60	85	13,972.0 i j
SBR	109	45	13,631.3 i j
SBR	92	45	13,492.3 i j
BR	75	85	13,222.0 i j k
SBR	92	25	13,098.6 j k l
BR	60	45	12,555.3 j k l m
BR	92	25	12,528.3 j k l m
BR	60	25	12,518.0 j k l m
R	75	45	12,481.0 j k l m
R	75	85	12,434.0 j k l m
R	60	85	12,397.6 j k l m
R	75	25	11,851.3 k l m n
R	109	85	11,669.6 k l m n
R	60	45	11,610.6 k l m n
BR	92	45	11,531.0 l m n
R	92	45	11,503.3 l m n
R	109	65	11,457.0 m n
R	109	25	11,423.0 m n
R	92	85	11,395.6 m n
R	109	45	11,317.6 m n
SBR	109	25	11,287.0 m n
SBR	60	25	10,685.0 n o
R	60	25	9,416.3 o

TUKEY

0.05 = 1,632.77

neral, se puede decir que la mayor producción de paja se tuvo con las labores de subsoleo+barbecho con altas poblaciones (65 y 85 mil plantas/Ha.).

Una vez concluido el análisis de varianza; se realizó un análisis económico. Considerando que es una región eminentemente ganadera, el forraje producido se cotiza a buen precio, alcanzando en algunos años \$1,000.00 la tonelada de forraje de este cereal.

En el Cuadro 10 se presenta dicho análisis económico para cada uno de los 48 tratamientos, objeto de estudio. Para el cálculo del ingreso neto, se utilizó la fórmula descrita en el capítulo anterior, es decir, al ingreso total se le restó los costos fijos y costos variables (aquellos debidos al tratamiento de labranza y población).

De dicho análisis se deduce que las máximas utilidades, se obtienen con los tratamientos de barbecho+rastreo a 109 cm. entre surcos y con las poblaciones de 65 y 85 mil plantas/Ha. (\$12,000.00 por Ha.), mientras que con las labores de subsoleo+barbecho+rastreo se tienen menos ingresos netos (\$9,000.00 por Ha.). Con la práctica del rastreo se obtienen utilidades muy exiguas, que son el producto de la venta del forraje, puesto que no se dió cosecha de grano.

Cuadro 10. Utilidad neta/Ha. del sorgo para grano en función de la labranza y del arreglo topológico de las plantas.

Dist. entre surcos	Población Miles/Ha.	Subsoleo+Barbecho+Rastro		Barbecho + Rastro		Rastro	
		Costo de Producción	Utilidad neta	Costo de Producción	Utilidad neta	Costo de Producción	Utilidad neta
60	25	\$ 4 831	\$ 1 286	\$ 3 631	\$ 2 628	\$ 3 181	\$ 1 527
60	45	4 866	4 593	3 666	2 611	3 216	2 589
60	65	4 901	4 632	3 701	4 766	3 251	2 319
60	85	4 936	3 021	3 736	4 476	3 286	2 907
75	25	4 831	6 572	3 631	4 161	3 181	2 744
75	45	4 866	6 020	3 666	4 463	3 216	3 024
75	65	4 901	4 666	3 701	4 150	3 251	3 934
75	85	4 936	4 623	3 736	2 875	3 286	2 931
92	25	4 831	3 436	3 631	2 633	3 181	2 147
92	45	4 866	3 311	3 666	2 099	3 216	2 535
92	65	4 901	5 460	3 701	6 307	3 251	1 931
92	85	4 936	4 018	3 736	6 994	3 286	2 412
109	25	4 831	6 110	3 631	10 799	3 181	2 530
109	45	4 866	8 263	3 666	11 618	3 216	2 443
109	65	4 901	9 300	3 701	12 040	3 251	2 447
109	85	4 936	9 265	3 736	12 263	3 286	2 549

Cabe mencionar que es muy importante en este análisis el papel que juega el forraje producido, que para este análisis se consideró a \$0.50 el Kg. del mismo.

La bondad en la producción de forraje de sorgo, se debe básicamente al genotipo que corresponde ésta variedad (Oromex 249) que en condiciones de buena precipitación y manejo adecuado puede producir hasta 30 Kg. de materia seca por Ha.

La relación de costos de cada insumo y trabajo, se presenta en el Cuadro 12 del apéndice.

## DISCUSION

En éste experimento factorial, se encontró una diferencia altamente significativa para los 3 factores estudiados (labranza, distancia entre surcos y población); así mismo, hay interacción entre estos factores.

El temporal tan crítico que se presentó en este ciclo de 1979, no permitió que se obtuvieran resultados más halagadores puesto que las lluvias se retiraron cuando el cultivo iniciaba su floración.

De las labores de preparación del suelo realizadas, se deduce que el subsoleo no tiene un efecto mejor con respecto al barbecho en la conservación de humedad del agua de lluvia, traduciéndose en iguales rendimientos los tratamientos de ambas prácticas (18).

La distancia entre surcos es una variable que se puede determinar para cada cultivo en una zona específica de tal manera de que al tener más área de escurrimiento del agua de lluvia, se tiene más concentración de la misma en la hilera de plantas (1, 8).

Las características físicas del suelo en este experimento lo hacen que tenga una baja captación y aprovechamiento del agua de lluvia caída, así como las condiciones de su superficie.

El sorgo es un cultivo que de acuerdo a la disponibilidad de agua y otros factores importantes al aumentar su población, se aumenta su rendimiento de grano, lo que nos indica que las bajas poblaciones, aún en temporales malos, no se reflejan en una producción aceptable (21).

Debido a la gran interacción que se encontró, se tiene que incluso las poblaciones altas con las labores de subsoleo+barbecho, se tuvieron buenos rendimientos, a pesar de que la precipitación pluvial fue muy deficiente (324 mm.), de tal manera que se tuvo una humedad aceptable durante el desarrollo vegetativo del cultivo, al iniciarse la emergencia de las panojas, se fueron aislando las lluvias, hasta caer la última, cuando aún no finalizaba la emergencia de las mismas (10).

Al combinar una labor profunda con una distancia entre surcos grande (109 cm.), es más probable de obtener buenos resultados en condiciones de temporal deficiente; aún cuando la labor de subsoleo no tenga diferencia con el barbecho en años secos como el próximo pasado, es de esperarse una respuesta similar en años con buen temporal, dado que generalmente en toda zona de temporal, aparte de la cantidad escasa de lluvia que cae, su distribución es tan desuniforme, que no satisface los requerimientos hídri

cos del cultivo (13, 16, 19).

Un aspecto importante en la conservación del agua de lluvia, es el de evitar la evaporación de la misma del suelo, se tiene que con altas poblaciones los rendimientos son superiores a las bajas, ayudando en parte a esto a que se tenía menor área edáfica expuesta a los rayos solares directamente, con el consecuente beneficio (14, 16, 20).

Durante el desarrollo vegetativo del cultivo, se presentaron temperaturas altas arriba de lo normal en la zona (38°C) y en la formación de grano se presentaron temperaturas ya no tan severas; en las horas tempranas del día se presentaba rocío, lo que permitió un llenado completo del grano en los tratamientos de mayor población y labor de subsoleo+barbecho a 109 cm. entre surcos (12, 20).

El arreglo topológico de las plantas (disposición geométrica de las mismas en el terreno), ayuda en mucho a determinar la población adecuada a cada región en especial y permite conocer a detalle las otras interacciones (4).

Con los tratamientos de labranza que se tuvo más humedad aprovechable (barbecho+rastreo) se tuvo más producción de paja y ésto es un aspecto importante dada la can-

tividad de cabezas de ganado mayor y menor existente en la zona y la falta de esquilmos de cultivos año con año; es decir, con un sistema de producción con éstas labores se permite tener aún en años críticos, buenos rendimientos de forraje (18, 21).

Entre menor fue el número de plantas por Ha., se incrementó el amacollamiento de las mismas; dado las condiciones de suelo fertilizante y otros factores que intervienen en la función fotosintética del cultivo, pero que no se tradujo en altos rendimientos. La altura de planta fue un factor que midió claramente los efectos de la labranza y las distancias entre surcos y que sí se tradujo en buenos rendimientos, aún en esas condiciones de sequía (11, 21).

La cantidad de follaje por planta, también se vió muy influenciada por las interacciones entre los 3 factores en estudio y era de esperarse, que a mayor disponibilidad de agua y otros factores, se tenga mayor producción de carbohidratos con el correspondiente aumento en la producción de hojas (21).

Mediante la realización de un análisis económico se llega a tener un criterio amplio, que nos permita visualizar mejor los posibles éxitos o fracasos que se tendrían

en la explotación de un cultivo. De acuerdo al análisis económico en éste caso, es posible decir que se puede esperar buenos resultados en la explotación del sorgo con los manejos adecuados de labranza, distancia entre surcos y densidad de población.

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

El municipio de Alamos, Sonora, cuenta con 700,000 Ha., de las cuales, 16,934 se siembran con ajonjolí, maíz, sorgo y cacahuate de temporal.

En el ciclo Verano 1979, se sembraron 5,278 Ha. con sorgo para grano, las que se siniestraron totalmente, dada la sequía que se presentó en la mayor parte del ciclo de desarrollo de éste cultivo (Gráfica 1).

En otros años, el rendimiento promedio oscila alrededor de 1,000 Kg./Ha. con un costo de producción de \$2,657.00 por Ha. teniendo un precio medio rural de \$2,335.00 tonelada.

El experimento se desarrolló en la localidad de Tapizuelas, al sur de Alamos, Sonora; consistiendo en someter al cultivo del sorgo para grano a 48 tratamientos que son las combinaciones de 3 prácticas de labranza (subsoleo+barbecho+rastreo), barbecho+rastreo y rastreo) 4 distanccias entre surcos (60, 75, 92, 109 cm.) y 4 densidades de población (25, 45, 65 y 85 mil plantas/Ha.); teniéndose 12 experimentos en serie que resultan de la combinación de la labranza por la distancia entre surcos. La parcela experimental fue de 30 m.<sup>2</sup> Se analizó estadísticamente el rendimiento de grano y de paja, la altura de planta, el

número de hojas por planta y el número de tallos por planta. En la comparación de medias de los tratamientos se usó la prueba de Tukey al 5%.

Así mismo, se realizó un análisis económico para cada uno de los 48 tratamientos.

De acuerdo con los resultados obtenidos y como conclusiones de éste trabajo podemos mencionar los siguientes:

1. El sorgo para grano es un cultivo, cuyos rendimientos se pueden elevar consistentemente en esta región, determinando las condiciones óptimas para su normal desarrollo.

2. La preparación del suelo es determinante en la obtención de buenos rendimientos; considerando que la utilidad obtenida en éste cultivo depende de un manejo adecuado, se puede eliminar la labor de subsoleo.

3. Dada la imposibilidad de predecir exactamente la bondad de la precipitación pluvial, la distancia entre surcos con la que se obtienen más altos rendimientos tanto de grano como de paja es a 109 cm. entre surcos.

4. El sorgo es un cultivo que a medida que se aumenta la población de plantas por Ha., se aumenta el rendimiento, a reserva de estudiar hasta que límites sucede lo anterior.

5. En temporales deficientes como el próximo pasado, las labores de barbecho+rastreo a 109 cm. entre surcos, permiten obtener buenos rendimientos de paja, que en un momento crítico se puede ensilar para futuros usos.

6. La labor de rastreo solamente, que es la que predomina en la región, es insuficiente para obtener buenos rendimientos de grano y de forraje, menos en años tan críticos como el pasado 1979.

7. A medida que se aumenta la población de plantas, se disminuye su ahijamiento y viceversa.

8. El estudio de nuevas variedades en la región, permitirán ampliar éste tipo de trabajos, hasta lograr establecer un sistema de producción adecuado a las condiciones del agricultor temporalero.

9. Es recomendable seguir investigando en estos factores que influyen grandemente en la productividad de cereales y otros que no dejan de ser igualmente importantes, a fin de corroborar estos resultados y de lograr un método o sistema adecuado que nos permita optimizar al máximo los recursos tan escasos en zonas de temporal, básicamente el agua de lluvia.

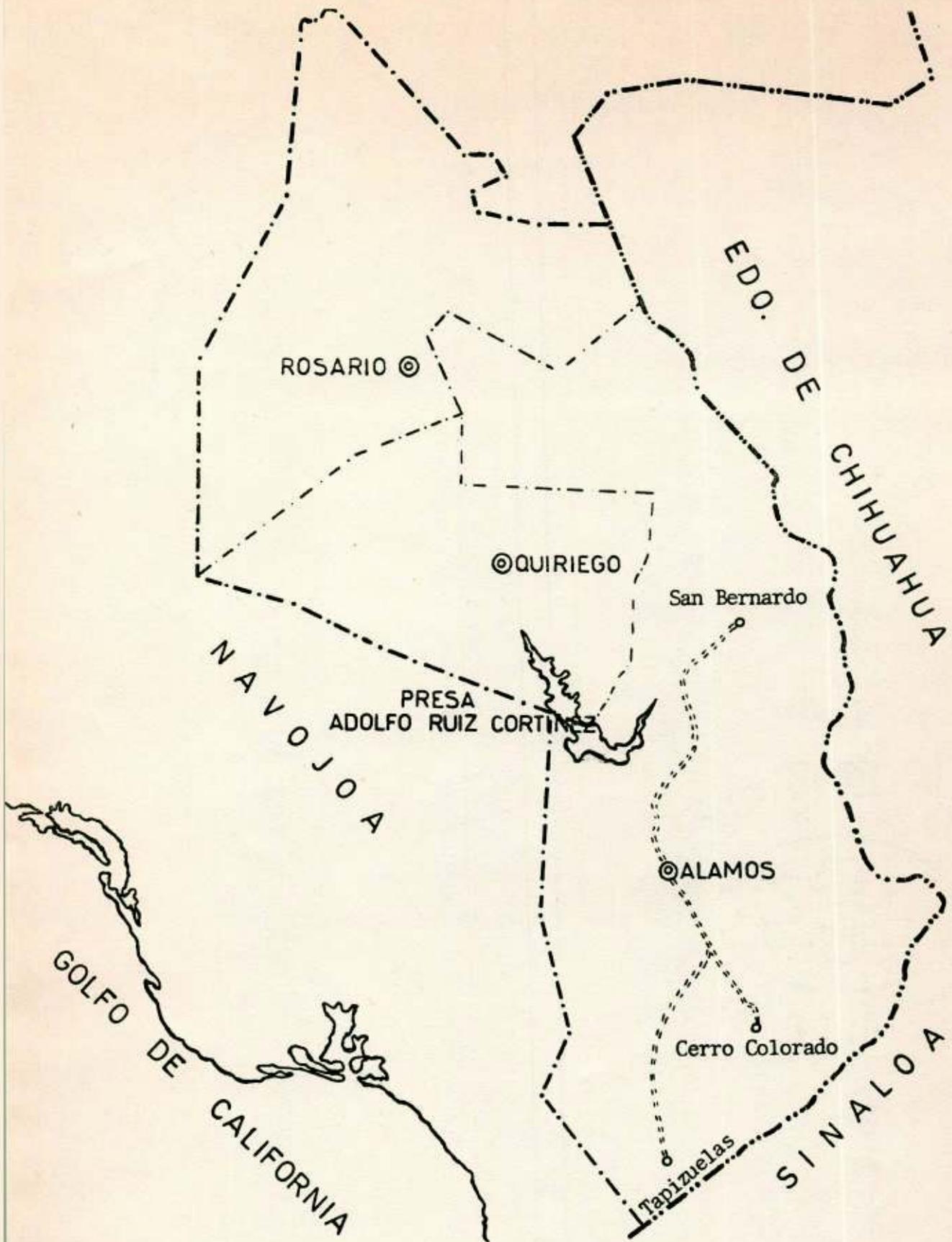
## BIBLIOGRAFIA

- 1) ANAYA, G. M. 1975. Captación y aprovechamiento de lluvia en las zonas temporaleras. VI Congreso Nacional Agronómico. Mesa No. 2 utilización y manejo de recursos agua-suelo-clima-vegetación. México, D. F. p. 16.
- 2) \_\_\_\_\_ . 1977. Manual de conservación del suelo y del agua. Colegio de Post-graduados de Chapingo. SARH. SPP. Chapingo. México. p. 389-411.
- 3) ANGELES, A. H. H. 1968. El maíz y el sorgo y sus programas de mejoramiento genético en México. Memoria del tercer Congreso Nacional de Fitogenética. México. p. 23.
- 4) ARNON, D. I. 1973. Técnicas de uso inmediato para incrementar la producción en las zonas áridas. Simposium Mexicano-Israelí. Enfoque interdisciplinario integrado del desarrollo de las zonas áridas. CONACYT. ESAAN. Saltillo, Coahuila. México. p. 32-34.
- 5) BLUM, A. and A. EBERCON. 1976. Genotypic responses in Sorghum to drought stress. III free proline accumulation and drought resistance. Crop Spience. Vol. 16(3): 428-431.
- 6) BOUL, S. W. and et al. 1973. Soil genesis and classification. The Iowa University Press, Ames, Chapter 18. p. 45-59.
- 7) CARRANZA, A. y A. AGUILAR. 1974. Evaluación de diferentes relaciones de área de cuenca a área de cultivo con 3 densidades de población bajo un sistema de cosecha de agua "in sittu" en los cultivos de maíz, maíz forrajero, sorgo forrajero, frijol y girasol en Calera Zacatecas. Informe de investigación agrícola. Agricultura de temporal. SAG. INIA. CIANE. p. 3.32-3.47.
- 8) CIANE. 1975. Informe, Avances y Necesidades de investigación agrícola en zonas de riego y temporal. SAG. INIA. CIANE. p. 1.196-1.197.

- 9) CONAZA. 1976. Funciones y objetivos de la Comisión Nacional de las Zonas Áridas. México, D. F. p. 31-42.
- 10) GAVANDE, A. S. 1976. Física de suelos, principios y aplicaciones. Editorial Limusa. México, D. F. p. 269-277.
- 11) JONES, M. M. 1978. Osmotic adjustment on leaves of Sorghum in response to water deficits. Plant Physiology. Vol. 61 (1): 122-126.
- 12) LIVERA, M. M. and et al. 1975. La temperatura como factor limitante en la adaptación de sorgo para grano (Sorghum bicolor Moench) en los valles altos de México. Resumen IV Congreso. SAG. INIA. CIAMEC. México. p. 12-13.
- 13) MEDINA, T. J. 1974. Seasonal variations in the infiltration rate of a white house soil in Southern Arizona. Tesis M. S. University of Arizona. Tucson, Ar. p. 14-21.
- 14) MERRIL, S. D. and S. D. RAWLINS. 1979. Distribution and growth of sorghum roots in response to irrigation frequency. Agronomy Journal. Vol. 71(5): 738-745.
- 15) ROBLES, S. R. 1976. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa. México, D. F. p. 141-146.
- 16) RODRIGUEZ, G. F. y S. GAVANDE. 1973. Evaluación de diferentes relaciones de área de siembra a área de escurrimiento en los cultivos de maíz y sorgo para grano en Zacatecas, Coahuila y Durango. UAAN. Saltillo, Coahuila. México. p. 601-620.
- 17) \_\_\_\_\_ . 1976. Evaluación de características edáficas, hidrológicas y climáticas con fines de producción de algunos cultivos de zonas áridas Monografía técnico-científica. UAAN. Saltillo, Coah. México. Vol. 2(7): 562-566.
- 18) S.A.R.H. 1975. Programa de mecanización de los distritos de temporal. México, D. F. p. 30-34.

- 19) SIVAKUMAR, M. V. and et al. 1979. Water relations growth, and dry matter accumulation of sorghum under post-rainy season conditions. Agronomy Journal. Vol. 71(5): 843-847.
- 20) TAMAYO, J. I. 1974. Geografía Moderna de México. Editorial Trillas. México, D. F. p. 141-163.
- 21) WALL, S. J. y W. M. ROSS. 1975. Producción y usos del sorgo. Editorial Hemisferio Sur. p. 4-93.

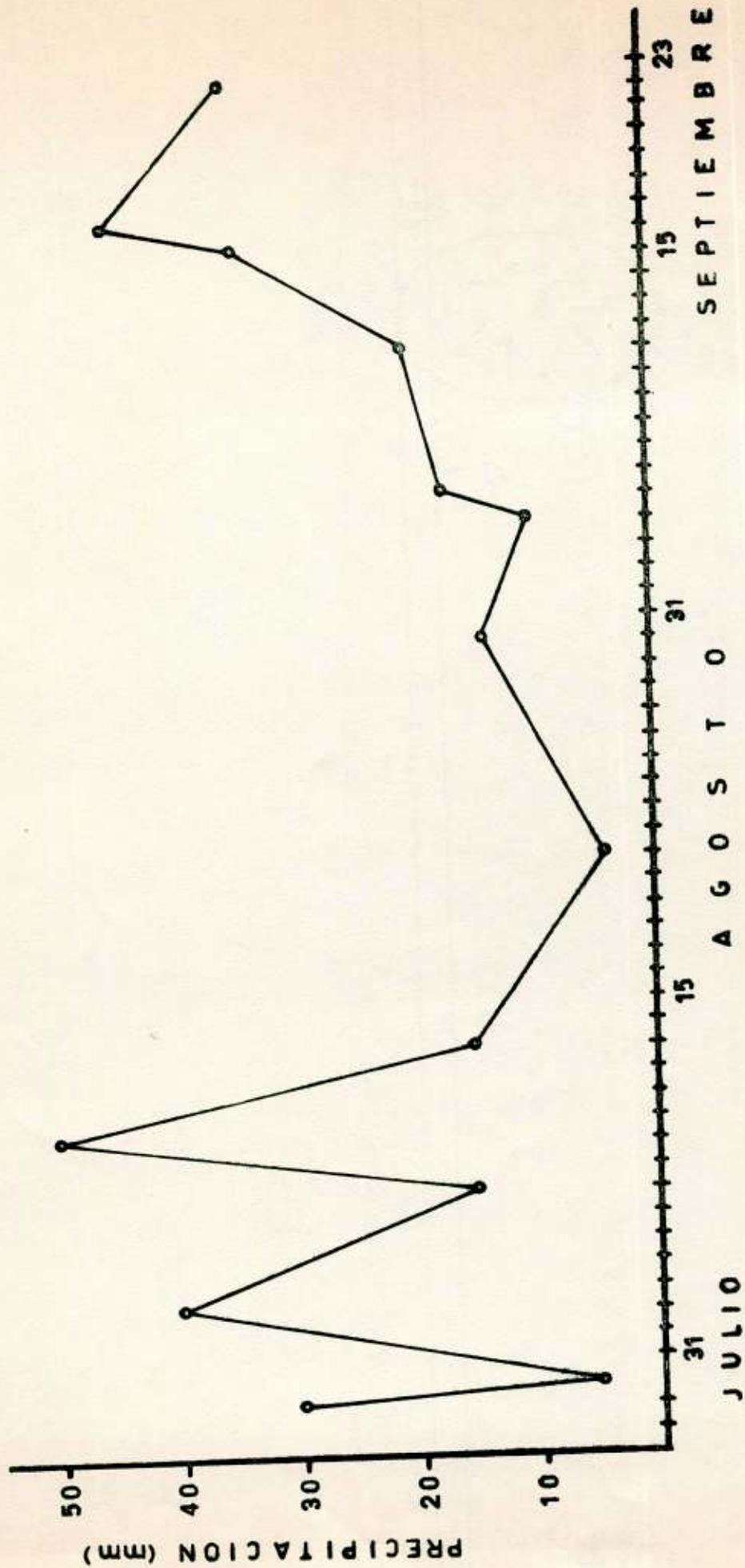
A P E N D I C E



DELIMITACION DEL MUNICIPIO DE ALAMOS, SONORA.

Es = 1: 1'000,000

- LIMITE DE ESTADO
- CAMINO DE TERRACERIA
- o POBLADO
- ⊙ CABECERA MUNICIPAL



GRAFICA 1.- DURACION E INTENSIDAD DE LA PRECIPITACION PLUVIAL EN  
 TAPIZUELAS, ALAMOS, SONORA. VERANO 1979 .

**Cuadro 11.** Desarrollo cronológico representativo del ensayo experimental.

Evento	Fecha	Días transcurridos
Subsoleo	23 de julio	
Barbecho	23 de julio	
Rastreo	23 de julio	
Surcado	24 de julio	
Siembra	1 de agosto	0
Emergencia	5 de agosto	4
Aclareo	16 de agosto	15
Amacollo	21 de agosto	20
Cultivo	31 de agosto	30
Embuchamiento	20 de septiembre	50
Espigamiento	30 de septiembre	60
Grano lechoso	15 de octubre	75
Grano masoso	23 de octubre	83
Madurez comercial	20 de noviembre	110
Cosecha	30 de noviembre	120

Cuadro 12. Características físico-químicas del suelo.

Prof. (cm.)	% Saturación	pH	C.E. mmhos/cm.	% M.O.	N(NO <sub>3</sub> ) ppm	P(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) ppm	K <sub>2</sub> O ppm	PSI %	HCO <sub>3</sub> meq/l.	Ca <sup>++</sup> + Mg <sup>++</sup> meq/l.
0-30	28	7.0	0.50	0.769	10.0	9.37	150	0.56	4.0	4.0
30-60	30	7.2	0.50	0.622	8.21	12.73	125	0.56	3.0	4.0
60-90	30	7.4	0.51	0.262	6.78	15.50	110	0.57	3.1	4.1

Prof. (cm.)	CL <sup>-</sup> Meg/l.	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> Meg/l.	Na <sup>+</sup> Meg/l.	Textura	da g/cm. 3	CC %	PMP %	Velocidad Infiltración cm/hora	Pendiente N-S	Pendiente E-W
0-30	1.0	1.0	1.0	Fa	1.32	23	11.5	3.2	0.6 %	0.06 %
30-60	2.0	1.0	1.0	Fra						
60-90	2.0	1.0	1.0	Fra						

Fa = Franco arenosa

Fra = Franco arcillo-arenosa

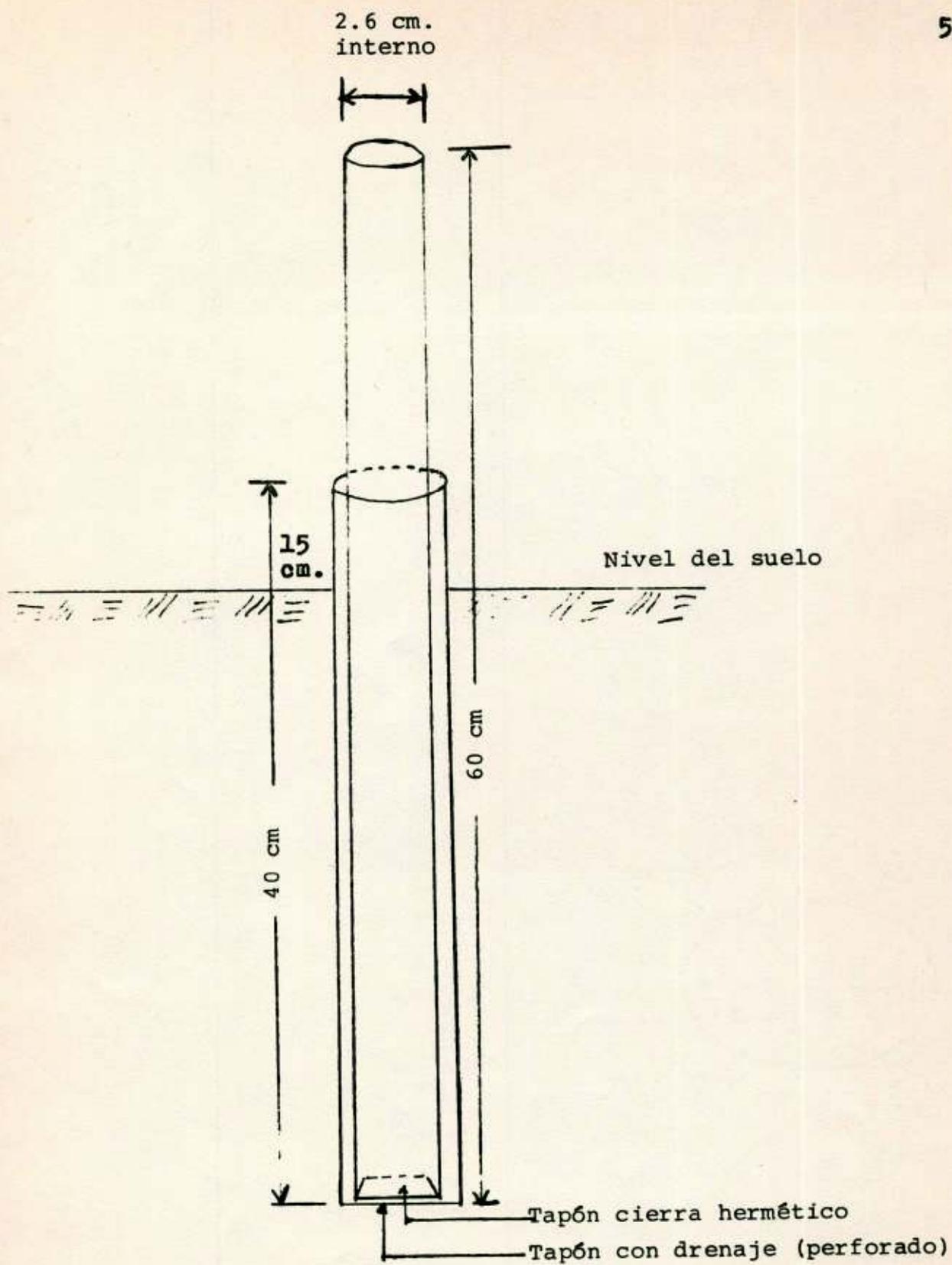


Figura 1: Modelo del pluviómetro usado en el sitio experimental. diseñado en C.P. de Chapingo, México.

Cuadro 13. Relación de costos de insumos y labores en la producción de sorgo para grano en la región de Alamos, So nora.

Preparación del terreno	Costo/Ha.
Subsoleo .....	\$ 1 200.00
Barbecho .....	450.00
Rastreo .....	350.00
 Fertilizantes	 940.00
 Siembra	
Semilla .....	504.00
Siembra .....	150.00
Permiso de Siembra .....	15.00
 Labores de Cultivo	
Escarda .....	150.00
Deshierbe .....	300.00
 Control de plagas y enfermedades	
Insecticidas .....	150.00
Aplicación .....	220.00
 Cosecha	
Combinada .....	700.00
Flete .....	100.00
 Seguro Agrícola .....	 256.00
Gastos de administración .....	<u>31.00</u>
	 \$ 4 576.00