



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

RESPUESTA DE Sorghum almum PARODI, A DOSIS DE FERTILIZACION Y LABORES DE PREPARACION DEL SUELO EN CONDICIONES DE TEMPORAL. EN UNA AREA DE LA MIXTECA OAXAQUEÑA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE BIOL O G A PRESENTA :

CLAUDIA HERNANDEZ PALACIOS



DIRECTOR DE TESIS DE DAVID FLORES ROMAN

MEXICO

1998.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

268347



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A Dios por Permitirme Concluir este Objetivo

A mis Padres

Leonor y Adolfo por su Apoyo y Confianza

A mis Hermanos Guillermo, Adolfo y Rodrigo

Por su Motivación y Aliento

A mis Abuelitas

Ernestina por su Optimismo

A la Memoria de M^a Luisa por su Ejemplo de Constancia

A Familiares y Amigos

Por sus Consejos y Bondad

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, que hizo Posible mi Estancia y Avala mi Formación en sus Recintos Educativos.

A la Facultad de Ciencias por sus Servicios y Amplias Oportunidades de Conocimiento y Desarrollo.

Al Instituto de Geología, Departamento de Edafología, Laboratorio de Fertilidad por Brindarme los Recursos e Instalaciones que hicieron Posible Realizar éste Estudio.

Al Dr. David Flores Román por la Dirección de ésta Tesis, al que también Reconozco sus Valiosas Aportaciones e Indicaciones Gracias a su Amplia Trayectoria y Experiencia Profesional.

A los Miembros del Jurado:

Dr. David Flores Román
Dr. Otilio Arturo Acevedo Sandoval
M. en C. Gilberto Vela Correa
Bióloga Claudia Vallejo Albarrán
Biólogo Abel Ibañez Huerta

Por su Asesoría, Revisión y Corrección del Presente Trabajo.

Al Ing. Rodolfo del Arenal Capetillo por su Apoyo Incondicional en todo Momento.

Al M. en C. Sergio Palacios Mayorga y a todo el Personal Académico y Administrativo de dicho Departamento por su Disposición y Ayuda.

Al Geógrafo Jesús Camarillo Hernández de la Estación Meteorológica en Huajuapán de León, Oax., por Proporcionar los Datos Solicitados.

Al M.V.Z. Heriberto Vivar Paz que Accedió y Prestó sin Reservas el Terreno donde se Ubicó el Lote Experimental, así como a los Trabajadores que Prestaron sus Servicios en el Campo.

A la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos Base en el Distrito de Huajuapán de León, Oax., por la Información Facilitada.

Al Colegio de Bachilleres del Estado de Oaxaca Plantel 08, por Permitir Utilizar sus Laboratorios.

En forma personal:

Al Dr. David Flores Román por su Confianza y Continua Preocupación por Resolver mis Inquietudes y dar Solidez a mi Trabajo.

Al M. en C. Gerardo Cruz Flores y Biólogo Guillermo Hernández Cortés de la FES-Zaragoza por Facilitarme Equipo e Instalaciones, además por su Colaboración y Sugerencias Metodológicas.

Al Dr. Otilio Arturo Acevedo Sandoval por su Asesoría en el Análisis Estadístico y de Laboratorio.

Al M. en C. Gilberto Vela Correa por sus Valiosos Comentarios y Continuo Asesoramiento.

A la M. en C. Alma Velázquez Rodríguez por Aclarar Muchas de mis Dudas y su Constante Orientación.

Al Biólogo Humberto Núñez Cardona por su Colaboración y Ayuda en el Laboratorio.

Al Dr. Jorge Enrique Gama Castro por sus Atinadas Recomendaciones.

A la M. en C. Ernestina Vallejo Gómez por su Desinteresado Apoyo.

A mis Compañeros y Amigos:

Elvia Diego Guzman, Lucy Mora, Silvia Herrera, Pedro Avilés, Julio y Raúl por su Amistad y Observaciones.

A todos los que Colaboraron para Mejorar el Presente Estudio y Culminar su Realización **GRACIAS**.

ÍNDICE

	Página
Índice de figuras	4
Índice de táblas	6
RESUMEN	7
1	
INTRODUCCION	8
2	
OBJETIVOS	11
3	
HIPÓTESIS	12
4	
REVISION DE LITERATURA	13
4.1.Sorgos forrajeros	13
4.2. <i>Sorghum alnum</i> Parodi	14
4.3.Características de <i>S. alnum</i>	20
4.3.1.Origen Geográfico	20
4.3.2.Clasificación Botánica	20
4.3.3.Morfología	21
4.3.4.Condiciones de Cultivo	21
4.4.Importancia en México	22
4.4.1.Usos	23
4.4.2.Variedades	24
4.5.Labores de Preparación del Terreno	25
4.6.Siembra	26
4.7.Labores de Cultivo	27
4.8.Cosecha	29

5

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO	30
5.1.Localización	30
5.2.Fisiografía	30
5.3.Geología	34
5.4.Hidrología	34
5.5.Suelos	38
5.6.Clima	41
5.7.Vegetación	44
5.8.Uso del suelo	46

6

MATERIALES Y MÉTODOS	50
6.1.Diseño experimental	50
6.2.Trabajo en Campo	54
6.2.1.Localización del lote experimental	54
6.2.2.Muestreo de Pozos de Fertilidad	55
6.2.5.Preparación del Terreno	58
6.2.7.Siembra	61
6.2.8.Abonado	63
6.2.9.Cosecha	64
6.2.10.Recolecta y pretratamiento al Material Vegetal	65
6.3.Trabajo en Laboratorio	66
6.3.1.Análisis de Suelo	66
6.3.2.Resultados	67
6.3.2.Análisis de Material Vegetal	73
6.4..Análisis estadístico	74

7

RESULTADOS Y DISCUSION	75
------------------------	----

8

CONCLUSIONES	107
--------------	-----

LITERATURA CITADA	109
-------------------	-----

ANEXO	
-------	--

INDICE DE FIGURAS:

FIGURA	Pág
1. Localización de la zona en estudio	31
2. Zonas naturales de la Mixteca Oaxaqueña	33
3. Carta Geológica	35
4. Hidrología	37
5. Suelos	39
6. Climas	42
7. Climograma	45
8. Vegetación y uso del suelo	47
9. Diseño experimental	53
10. Localización del lote experimental	54
11. Panorámica del lugar	55
12. Puntos de muestreo	55
13. Muestreo del suelo	56
14. Preparación del abono orgánico	57
15. Peso de semilla y fertilizante	58
16. Barbecho con tracción animal	59
17. Marcado de las unidades experimentales	61
18. Siembra y abonado	62
19. Aplicación de la 1ª dosis de fertilización	64
20. Cosecha	65
23. Rendimiento de forraje fresco	82
24. Rendimiento de forraje seco	89
25. Contenido de proteína cruda	98
26. Rendimiento de proteína cruda	105

INDICE DE TABLAS

TABLA	Pág.
1. Factores en estudio	50
2. Distribución de tratamientos	52
3. Resultados físicos y químicos del suelo	68
4. Rendimiento de forraje fresco en kg/p.u.	80
5. Rendimiento de forraje fresco total en kg/p.u.	81
6. Arreglo con la prueba de Tukey	83
7. Rendimiento de forraje seco en kg/p.u.	87
8. Rendimiento de forraje seco total en kg/p.u.	88
9. Arreglo con la prueba de Tukey	90
10. Contenido de proteína cruda en porcentaje	96
11. Contenido de proteína cruda promedio en porcentaje	97
12. Arreglo con la prueba de Tukey	99
13. Rendimiento de proteína cruda en kg/p.u.	103
14. Rendimiento de proteína cruda total en kg/p.u.	104
15. Arreglo con la prueba de Tukey	106
16. Análisis de Varianza	ANEXO
17. Porcentaje de humedad	ANEXO

Se realizó un estudio de fertilidad de suelos en la Localidad de Vistahermosa en el Distrito de Huajuapán de León, Oaxaca; durante el período Primavera-Verano 1994 en condiciones de temporal con el cultivo *Sorghum alnum* Parodi. En ésta localidad la perturbación y erosión es elevada por sobrepastoreo, tala inmoderada, falta de enmiendas, monocultivo, etc. Después de la agricultura la ganadería ocupa el segundo lugar de importancia pero los pastos nativos son escasos y de baja calidad nutritiva. La especie *Sorghum alnum* Parodi se reporta por su elevado rendimiento y resistencia a la sequía debido a su raíz de tipo fascicular con ramificación profusa, es perenne y de elevado valor nutritivo.

Con el propósito de evaluar los componentes de rendimiento de ésta especie en condiciones de temporal y bajo diferentes labores de preparación del suelo, abonado orgánico e inorgánico, se empleó un diseño trifactorial (3X3X2) con arreglo en parcelas sub-subdivididas y distribución en bloques al azar. Los factores estudiados son: 2 labores de preparación del suelo (a1, cruzar; a2, barbecho), 3 dosis de fertilización (b0, 00-00-00; b1, 90-60-00; b2, 120-90-00 kg/ha) y 3 niveles de abonado (c0, 0 t/ha; c1, 10t/ha; c2, 20t/ha); como fuente de N se utilizó sulfato de amonio y de P superfosfato de calcio simple, el abono orgánico fué estiércol de bovino.

Se realizaron 2 cortes el primero en septiembre y el segundo en noviembre. Con los datos de parcela útil se determinó el peso fresco y el peso seco con su equivalente en ton/ha, se obtuvo el porcentaje de humedad y contenido de proteína cruda así como su rendimiento en kg/ha. Para tal efecto se realizó un muestreo de suelo antes de las labores agrícolas y su posterior análisis físico y químico en laboratorio, teniendo como resultado un suelo extremadamente pobre en materia orgánica, de textura arcillo-limosa, con pH alcalino y una CIC alta. Con el material vegetal se realizó un análisis químico de nitrógeno total por microkjeldahl.

Los resultados obtenidos reflejan un aumento del 30 % y del 35 % con respecto a fertilización y abonado en el rendimiento de forraje fresco y sin diferencia significativa entre los métodos de siembra. Sin embargo el abonado mixto superó un 90 % con respecto al testigo, es decir que la interacción entre estos factores es positiva. En el primer corte la mayor producción se dió con los tratamientos a1b1c2(cruza, 90-60-00, 20 ton/ha), con 3.382 kg/parcela útil equivalente a 15.03 ton/ha, seguido por a1b2c1(cruza, 120-90-00, 10 ton/ha), a1b2c2(cruza, 120-90-00, 20 ton/ha), a2b2c2(barbecho, 120-90-00, 20 ton/ha), a2b1c1(barbecho, 90-60-00, 10 ton/ha) y a1b1c1(cruza, 90-60-00, 10 ton/ha) con igual valor significativo, con un mínimo de producción en a2b0c0(barbecho, 0-0-0, 0 ton/ha) con 0.366 kg/p.u. y en a1b0c0(cruza, 0-0-0, 0 ton/ha) con 0.352 kg/p.u. equivalente a 1.63 ton/ha y 1.56 ton/ha respectivamente para el primer corte; para el segundo el máximo fué dado por a2b2c2(barbecho, 120-90-00, 20 ton/ha) con 2.145 kg/p.u. equivalente a 9.53 ton/ha y la mínima producción con 0.278 kg/p.u. que equivale a 1.24 ton/ha. El rendimiento máximo total de forraje fresco por corte es el equivalente a 60.13 ton/ha en el primer corte y de 38.13 ton/ha en el segundo.

El forraje seco es proporcional a la producción en verde con un valor máximo total por corte de 18.08 ton/ha en el primer corte y en el segundo de 17.92 ton/ha. Con un porcentaje de proteína cruda de 5.63 % dado por el tratamiento a2b2c2(barbecho, 120-90-00, 20 ton/ha), el más alto del primer corte y de 5.91 % para el tratamiento a1b1c2(cruza, 90-60-00, 20 ton/ha), con un rendimiento total de proteína cruda por corte de 819.82 kg/ha., para el primero y de 953.56 kg/ha en el segundo corte.

De los resultados del análisis vegetal se concluye que el factor más significativo es la cantidad elevada de abono orgánico ya que los componentes de rendimiento reflejan el efecto de ese factor de forma dependiente, a mayor dosis se incrementa la producción. Dicha producción también se modificó al variar las condiciones climáticas; deficiencias nutrimentales, desarrollo de la planta, cosecha, etc. dado que en condiciones de campo aumentan las variables independientes que afectan al cultivo.

En la Mixteca Oaxaqueña la actividad agrícola se desarrolla con diferentes riesgos y grados de intensidad, a pesar del paisaje que presenta heterogeneidad en sus geoformas con un alto índice de erosión y un déficit de precipitación pluvial.

El establecimiento del temporal es errático y aleatorio lo cual también limita el desarrollo de las actividades productivas. Otro problema de la Mixteca es la fuerte merma que se presenta en la producción debida a alteraciones nutrimentales causadas por la carencia de uno o mas elementos indispensables para el crecimiento vegetal. La carencia, inmovilización o fijación de los nutrimentos, existencia de desbalances etc. están dadas por las condiciones edáficas en particular (Aguilar, 1987).

La problemática de la fertilidad es elevada debido a prácticas agrícolas mal orientadas, sobrepastoreo, prácticas culturales, numerosas áreas con afloramientos rocosos y suelos poco profundos. El monocultivo continuo ha sido negativo, ya que empobrece el suelo y propicia la integración de mas terrenos al cultivo, entre los principales está el maíz, frijol, calabaza y cacahuete (SARH, 1994). Una labor de mejoramiento ha sido barbechar a pesar de ser una zona de autoconsumo.

El rubro pecuario ocupa el segundo lugar de importancia después de la agricultura (SARH, 1994). Sin embargo las áreas de agostadero se caracterizan por pastos nativos de baja calidad nutritiva, ubicadas en los terrenos mas erosionados, que dependen de tormentas del Golfo de México y otros factores externos.

Tal situación ha motivado al establecimiento de acciones encaminadas a la transformación y mejoramiento integral de la calidad en la producción de forrajes. Los sorgos pertenecen a la familia de las gramíneas; es un cultivo que se adapta a condiciones climáticas y edáficas muy diversas, en

especial se conocen por su resistencia a la sequía y por ofrecer un forraje de mayor calidad que las especies tradicionales (Juscáfresa, 1979), su resistencia se debe a que su raíz es de tipo fascicular con una ramificación profusa; sus usos son amplios puede usarse en la alimentación humana, como forraje y grano para la alimentación de animales o en la elaboración de productos industriales (Robles, 1979).

Sin embargo respecto a los requerimientos nutritivos de los vegetales, no todas las especies tienen las mismas necesidades para su desarrollo, elaboración y formación de su materia; el éxito de su sobrevivencia depende de la naturaleza específica de la especie, del contenido químico del suelo y de sus reacciones (Cooke, 1981).

El abonado aumenta el producto bruto y el beneficio neto de la explotación. El abonado mineral no es más que un complemento destinado a compensar el déficit entre las necesidades de la planta y las cantidades de elementos nutritivos suministrados por las reservas del suelo (Gros *et al*, 1992). El abonado orgánico proporciona nutrimentos, que ya han contribuido al desarrollo de los cultivos que a su vez han participado en la formación de estiércoles; éstos abonos también modifican las condiciones del suelo y mejoran el medio para que las plantas puedan desarrollarse (Cooke, 1981).

Con el abonado mixto se trata de aumentar el efecto del fertilizante químico, por la mejor absorción del suelo tratado con estiércol, debido a que regula el pH y mejora la bioestructura del suelo (Primavesi, 1982). El estiércol, comparado con los fertilizantes químicos, resulta ser relativamente pobre en nutrimentos, pero el valor de la materia orgánica que contiene ofrece una incomparable riqueza que difícilmente puede lograrse con ninguno de los fertilizantes inorgánicos.(Cooke, 1981).

El nitrógeno es la base del abonado, porque, se encuentra en proporción mínima en los suelos cultivados, se aporta anualmente, y es el elemento que asegura el mayor aumento relativo de rendimiento. Por el contrario, el ácido fosfórico y la potasa pueden acumularse en el suelo, quedando a disposición de las plantas (Gros, 1992). "Sin nitrógeno, la planta no puede elaborar los materiales de reserva que han de alimentar los órganos de crecimiento y desarrollo, además

de fomentar el contenido nitrogenado del forraje, mejora el valor biológico de la proteína bruta y con ello sus principios nutritivos" (Juscafresa, 1979).

Los fertilizantes también han jugado una parte esencial en la reducción de los costos de producción ya que ellos elevan los rendimientos sin un aumento proporcional en el costo total de producción por hectárea.

El presente estudio evalúa 3 dosis de abonado orgánico (0,10 y 20 ton/ha) y mineral (00-00-00, 90-60-00 y 120-90-00 kg/ha), 2 labores de preparación del terreno (barbecho y cruza, y barbecho) en los componentes de rendimiento de la especie forrajera *Sorghum almum* Parodi. Las dosis adecuadas de abonos varían por el cultivo, el complejo suelo-clima y por el conjunto de las técnicas de cultivo y los precios respectivos de abonos y productos agrícolas.

La diferencia de rendimientos entre las parcelas sin abono y aquellas que recibieron una fertilización ya sea orgánica, mineral o mixta fue creciendo a medida que la dosis aumentó. Así el testigo sin abono terminó produciendo un 10 % de la producción mayor.

Para ello fué necesario hacer acopio del mayor cúmulo de conocimientos a fin de diagnosticar el nivel adecuado de abonado, la respuesta del cultivo en las condiciones del área y el efecto de las labores de preparación del terreno. Por lo que se realizó un estudio de fertilidad del suelo en el lote experimental mediante un análisis físico y químico, para partir de una idea de la dinámica propia de los minerales; pues son una de las primeras causas en la larga hilera de eventos desde la liberación de los iones hasta su transformación en compuestos orgánicos de los vegetales (Aguilar, 1987). Con el material vegetal cosechado se realizó un análisis químico para determinar el nitrógeno total y poder evaluar la respuesta a las aplicaciones correctivas en el rendimiento de forraje fresco, seco, contenido y rendimiento de proteína cruda por corte y anual.

Obteniendo un efecto notorio en los tratamientos *a1b2c2* (Cruza, 120-90-00, 20 ton/ha), y *a2b2c2* (Barbecho, 120-90-00, 20 ton/ha), dado por abonado mixto en dosis altas en parcelas con diferente forma de laboreo del suelo, ya que dichos tratamientos lograron los mayores rendimientos en los componentes de producción del cultivo.

Objetivo general:

Evaluar la respuesta de *Sorghum almum* Parodi, a labores de preparación del suelo, abonado orgánico e inorgánico en condiciones de temporal.

Objetivos específicos:

Determinar el efecto de los tratamientos en los componentes de rendimiento de *Sorghum almum* Parodi.

Quantificar el tratamiento óptimo que eleve el rendimiento bajo condiciones de temporal en Vistahermosa, Oaxaca.

Sorghum almum Parodi es productivo en condiciones de recursos limitados, con una adecuada preparación del terreno y niveles óptimos de abonado la productividad se incrementa.

4.1.Sorgos Forrajeros:

Muchos experimentos han demostrado que los sorgos forrajeros producen altos rendimientos de materia seca, además de su elevado valor nutritivo y sus diferentes formas de aprovechamiento y conservación (Juscafresa, 1979).

Para evaluar que tan significativos son los rendimientos que han dado algunas especies de sorgos forrajeros, se parte de la revisión de algunos estudios en base a una media comparativa con otros cultivos y especies, en relación con la calidad y cantidad del forraje producido por éstos.

Caballinas *et al* (1984), señalan que la cantidad de forraje producido bajo la influencia de la fecha de siembra, fué mayor en las variedades de sorgo forrajeras las cuales presentan el atractivo de su alta producción. Evaluaron 5 variedades de sorgo forrajero influidas por cinco fechas de siembra, mediante la calidad y cantidad de forraje producido por unidad de superficie en el Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora (CIPES).

De acuerdo con Guevara, Eguiarte y Ramírez (1987), es posible obtener elevadas producciones con variedades mejoradas y fertilizantes. En su estudio utilizaron las variedades Chow-Macker, Sx-17, G-86F, G-83F, FS-25, D-16,G-516BR, F-61, BR-64, F-64, y G-61 que son en general más productivas que las especies silvestres.

Por otro lado Robles (1981) citado por Guevara *et al* (1987) estudió el comportamiento de diferentes variedades de sorgo tanto de forraje como de grano, en consideración con la producción de materia seca (*t/ha*), la composición química y su uso como forraje bajo condiciones de temporal en el estado de Nayarit. Encontró una notoria superioridad de las variedades forrajeras sobre las variedades para grano en los rendimientos de materia verde y materia seca, lo que coincide con lo encontrado por Preciado y col. (1982), citado por Guevara (1987). El contenido

de proteína cruda fué inversa ya que las variedades para grano mostraron una ligera superioridad de porcentajes en hoja y espiga en relación a las variedades forrajeras.

Así mismo, Eguiarte *et al* (1989) reportan diferencias significativas asociadas a las variedades de sorgos, obteniendo resultados que señalan a las variedades híbridas como las mejores, ya que presentaron mayores rendimientos. En 3 estudios mas el contenido de materia seca (MS) fué elevado principalmente en variedades altamente productoras de grano y forraje. El porcentaje de proteína cruda (PC) fue alto en variedades consideradas de doble propósito, llegando a obtener hasta 14.1% en la variedad F-64. La digestibilidad *In situ* (DISMS) del forraje en las distintas variedades varió de 68.1% (W-744-Br), 66.9% (D-67) hasta 57.3% (Do Mor).

González *et al* (1990), señalaron los beneficios de la rentabilidad del cultivo de sorgo para la ganadería así como para la conservación del suelo ya que, evita la erosión por su amplia cobertura vegetal y mejora las condiciones físicas y químicas del suelo.

Existe aún muy poca información sobre los sistemas intensivos de pastoreo, la discrepancia entre el aumento progresivo de la ganadería y la repercusión en la cobertura vegetal nativa, se agranda por falta de cultivos alternativos adaptables a las diversas condiciones ambientales y geográficas.

4.2. *Sorghum alnum* Parodi:

Algunos estudios sobre el rendimiento de *Sorghum alnum* Parodi lo señalen como un cultivo alternativo. En México puede ayudar en gran parte a reducir las grandes deficiencias de forraje, típicas en el país, aún durante la época invernal. El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), citado por Urzua (1987) registró en 1968 rendimientos de *S. alnum* de 15.98 t/ha de forraje seco en el primer año y 15.19 t/ha en el segundo en el campo experimental de Chapingo, Estado de México, y de 17.5 t/ha en Mexicali, Baja California.

En forma similar Fuentes según Rosas (1987) indicó en 1973, la respuesta de *Sorghum alnum* a la fertilización N-P y K mediante estudios de fertilización en microparcels de campo. La

evaluación se hizo en términos de producción de materia seca, en calidad de forraje por medio de nitrógeno total, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, fibra cruda y cenizas durante cinco años, y encontró que el nitrógeno incrementó la producción de materia seca en un 200%, además observó que el fósforo no influyó significativamente en el aumento de la producción de materia seca por el contrario; la interacción nitrógeno-fósforo sí fue significativa. El potasio tuvo un efecto declinante en la producción con las fórmulas: 120-60-20 y 120-20-20 kg/ha obtuvo una producción de 632 y 623 g/m² respectivamente, la menor producción correspondió a la fórmula: 0-40-40 del lote testigo con 202 y 204 g/m² respectivamente.

Fierro y Gómez citados por Jurado en 1990, evaluaron 22 gramíneas nativas e introducidas concluyendo que la respuesta en cuanto adaptación y producción de forraje, varía por especie y localidad debido a diferencias de precipitación, período libre de heladas, altitud y tipo de suelo característico en cada localidad.

Posteriormente Jurado *et al* (1990) confirmó a esta especie de ciclo corto ya que desapareció a partir del tercer año en una evaluación de seis especies nativas y ocho introducidas durante seis años. En general los zacates introducidos resultaron ser más productivos que los nativos por su agresividad, resistencia y valor nutricional etc. en Jalisco. Indicaron que la correcta selección de las especies y el nivel de fertilizante son un aspecto muy importante, esto requiere de un análisis concienzudo de las condiciones climáticas y edáficas.

Flores (1990) mediante el cultivo de gramíneas en Morelos reafirmó su comprobada capacidad de aclimatación a diferentes ambientes y su alta calidad forrajera, para lo cual seleccionó 3 especies: *Sorghum alnum* Parodi, *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.C.V. Piper y *Sorghum bicolor* (L.) Moench.CV. Sugar drip, a las que determinó el efecto de la fertilización en rendimiento de forraje seco, contenido y rendimiento de proteína cruda y distribución de nitrógeno total.

Encontró una diferencia significativa entre las 3 especies ($P < 0.01$), el rendimiento mayor lo obtuvo *S. bicolor*, un valor medio *S. alnum* y el menor *S. sudanense*; lo que hace notar a *S. bicolor* como una especie de mayor eficiencia en la producción de materia seca, los rendimientos más altos de

proteína cruda los registró *S. alnum*. Los contenidos de nitrógeno total los registró en hoja y espiga por especie; los mas altos en hoja y tallo los reportó *S. alnum*, en espiga *S. sudanense* y el mas bajo *S. bicolor*.

Numerosos trabajos evalúan la digestibilidad como un factor que afecta el consumo y utilización de los alimentos, Minson y Milford citado por Urzua op cit, indicaron en 1966 el valor nutritivo de algunas especies forrajeras, dos pastos subtropicales *Sorghum alnum*, *Digitaria decumbens* y una leguminosa *Phaseolus atropurpureum* Var. Siratro; los cortes se hicieron a diferentes edades y se suministró como alimento en ovejas estabuladas para medir el consumo voluntario y su digestibilidad energética aparente.

Encontraron que la edad fue el factor mas importante y determinante en el contenido de energía digestible de las tres especies. El índice de valor nutritivo (I.V.N.) fué estrechamente correlacionado con el consumo de energía digestible. Concluyeron que la energía digestible es el método mas apropiado para expresar el valor de energía de los forrajes.

Farooq *et al* (1989) en el Instituto Forestal de Pakistan realizaron una evaluación nutricional de algunos pastos seleccionados, como son: *Bothriochloa pertusa*, *Cenchrus ciliaris*, *Chrysopogon aucheri*, *C. montanus*, *Dichanthium annulatum*, *Pennisetum purpureum*, *P. americanum*, *Panicum antidotale*, *P. coloratum*, *P. turgidum*, *Pennisetum orientale*, *Sorghum alnum* y *Themeda anathera*, los cuáles crecieron experimentalmente, los carbohidratos, grasas y calidad nutritiva de todos permitió que los resultados se compararan favorablemente con las poblaciones de los pastos Cholistan, Kalachitta y Thal; ya que todos soportaron a grandes manadas de ganado y su propagación como fuente alimenticia fue recomendada a escala piloto.

La respuesta de los sorgos forrajeros ha favorecido su estudio en el aspecto de digestión, como también lo señala Kennedy (1990) quien lo observó en cinco experimentos realizados con ganado adulto de la raza Brahman y el búfalo de pantano sometidos a una dieta preparada con forrajes tropicales (*Chloris gayana*, *Heteropogon contortus*, *Lablab purpureus*, *Stylosanthes hamata*, *Digitaria decumbens* y *Sorghum alnum*) con o sin suplementos de urea, minerales, arroz quebrado y flores protegidas con formaldehído.

Encontró que las diferencias en la ingesta voluntaria entre las especies no fue consistente ya que algunas dietas no mantuvieron su actividad fibrolítica microbiana óptima debido a una baja concentración de amonio en el rumen.

En otro experimento esto fue asociado con las fuertes contracciones y la rumeación extendida, lo cual sugiere que la relativa variabilidad en la ingesta entre las especies, puede ser vinculada con la elevada ingesta de los búfalos en relación a la velocidad de digestión de las partículas en el rumen y a una interacción entre las especies animal-planta que pueden resultar de un sobreflujo a los intestinos de proteínas microbianas fijadas a pequeñas partículas que contienen diferente fibra fermentable.

También se reporta su cultivo en praderas mixtas que son una asociación de leguminosas y pastos en diversas proporciones, de la que resulta un cultivo balanceado ya que proporciona las proteínas y carbohidratos necesarios en la dieta del ganado. Paredes (1968), citado por Urzua *op cit* señala que la utilización de *Sorghum almum* fué favorable. Según Flores *et al* (1990) indican que en el rendimiento de algunos micro y macroelementos, si manifestó efecto el método de siembra separada y no lo hubo en los niveles de fertilización en la asociación *Sorghum almum*/*Macroptilium atropurpureum*, en Tepetzingo, Morelos. En este estudio los métodos de siembra consistieron en siembra asociada y siembra separada. Ellos encontraron que el rendimiento se debió a la mayor producción de materia seca en *Sorghum almum* y el contenido de Fe, Zn y Mo a la capacidad de la raíz en la reducción y absorción de elementos y su concentración en el suelo.

Con respecto al desarrollo vegetativo, un estudio en Asia Central del Instituto de los Desiertos en Turkmen, Babaev *et al* (1989) reporta que en áreas circundantes al oasis la rotación continua de maíz, sorgo y pasto sudan lograron una producción alimenticia en promedio, de 23.4 t/ha. Considerando un promedio continuo de 10 t/ha donde el sorgo consumió 4,000 m³/ha, los fertilizantes incrementaron tres veces su promedio y el uso de fertilizantes orgánicos fue esencial, mostrando que *Vigna unguiculata*, *Lablab purpureus*, *Sorghum almum* y *Panicum antidotale* pueden ser cultivados bajo irrigación por aspersión en suelos arenosos.

Ovezliev *et al* (1990) evaluó la fertilización de sorgos perennes en suelos arenosos, ensayando con *Sorghum almum* durante 1987-89 en el centro de Karakum en arena fina sin fertilizante o con 120-180 kg de N, 120-240 kg P₂O₅ y 80-100 kg de K con 11 combinaciones. La resistencia al invierno fue buena, particularmente con 180 Kg de N, 250 Kg P₂O₅ y 80 Kg de K; además aplicaron 30 t de estiércol/ha y fósforo aplicado en niveles de abonado; estos tratamientos dan una producción en tres años mayor a 81.4 y 68.6 t/ha de forraje fresco para cada tratamiento respectivamente. Con esta información se amplía la perspectiva de aplicación de esta especie aún en condiciones extremas con una buena respuesta.

Golovin (1994) en Ucrania presentó información sobre *Sorghum almum*, un híbrido entre el pasto Johnson (*S. halepense*) y sorghum (*S. bicolor*), con una buena tolerancia a la sal y resistencia a la sequía; "Nadezhda Vostoka", la primera variedad liberada en el CIS (Ucrania) produjo 50-120 t de materia fresca/ha en condiciones de lluvia y dos veces bajo irrigación. El valor alimenticio de las semillas es mejorado por el hecho de ser parejo el estadio de maduración, cuando casi todos los tallos del pasto perenne están desarrollados, con un 75% de materia fresca y una consistencia de tallos succulentos. Bajo pruebas en la zona árida de Ucrania, la nueva variedad (Nadezhda Vostoka) marcó una producción mayor que la variedad local de Asia Central.

Los sorgos perennes han dado buenas producciones durante la época invernal; Belyuchenko (1992) reportó la resistencia de pastos perennes de diferentes orígenes a bajas temperaturas en Rusia; analizó la respuesta de varios pastos tropicales incluyendo a *Eragrostis curvula*, *Sorghum halepense*, *Paspalum dilatatum*, *Cynodon dactylon*, *Panicum sp.* y *Sorghum almum* junto con las especies boreales *Dactylis glomerata*, *Bromus inermis* y *Festuca arundinacea*, en condiciones de campo y laboratorio.

Las especies boreales mostraron una mejor supervivencia a temperaturas abajo de 7°C ya que acumularon más ácidos grasos insaturados y azúcares en sus órganos después del invierno, a diferencia de las especies tropicales que contenían más ácidos grasos saturados. Por lo que *Eragrostis curvula*, *Paspalum dilatatum* y *Festuca arundinacea* son recomendadas para las regiones estudiadas.

Se han realizado estudios comparativos entre especies y sus características, tal es el caso de las pruebas de campo que reportó Franchi *et al* (1995) en Policoro Italia a partir de observaciones preliminares de adaptabilidad al medio ambiente, producción y calidad durante 1993-94; el estudio fué hecho con *Chloris gayana*, *Sorghum alnum*, *Glycine wightii* (*Neonotonia wightii*), *Desmodium intortum*, *Dolichos lablab* (*Lablab purpureus*), *Medicago scutellata* y *Cassia tora*, analizando la producción de materia seca y la calidad de sus características, *C. gayana* y *S. alnum* tuvieron una producción promedio anual de 25 t/ha, y un valor nutricional (v.n.) del alimento de un intervalo menor a 435 t/ha con 12% de proteína y 36% de fibra; resistieron al invierno con buena capacidad de recuperación a diferencia de otras especies como *M. scutellata*, que mostró un crecimiento lento y una producción máxima de materia seca de 8 t/ha con 15% de proteínas y 30% de fibra, y *C. tora* mostró una producción potencial baja. Todas estas especies luego de sus cosechas anuales presentan una regeneración, estos resultados confirman el alto potencial de *C. gayana* y *S. alnum* en el medioambiente Mediterráneo.

En otro tipo de información, Lazarides *et al* (1991) estudiaron la taxonomía, ecología y citología de sorgos australianos nativos, que de 17 especies comprendidas y 1 variedad; 14 especies y la variedad son endémicas y 8 taxas son nuevos. Cuatro subgéneros con modificaciones en sus composiciones florísticas son aceptados dentro de las circunscripciones previamente establecidas. Bajo una evidencia morfológica el miembro mas avanzado está representado por el subgénero *Stiposorghum* y el subgénero *Sorghum* el mas primitivo. Nutricionalmente tanto hierbas anuales como perennes son especies deficientes en macronutrientes, carecen de suficiente nitrógeno y fósforo para mantener al ganado. Sólo los ápices de algunas especies presentan una concentración similar de N-P y una importante fuente de almidón comestible por los aborígenes.

Belyuchenko *et al* (1992) reportaron a partir de estudios de 1985-87 con gramíneas forrajeras en Rusia, la dinámica de los microartrópodos como los colémbolos y diferentes tipos de gorgojos que crecen en cultivos de pastos perennes especialmente el pasto columbus (*Sorghum alnum*), y panicum azul (*Panicum antidotale*), así como en cultivos de algodón y pastizales vecinos. Registraron un notorio incremento en el número de microartrópodos en los cultivos de

pasto perenne, propio de suelos enriquecidos con sustancias orgánicas, número que disminuyó igualmente tanto en pastizales como en áreas sobrepastoreadas, atribuible a la composición de los biotipos.

Con base en toda la información revisada acerca los sorgos forrajeros en especial *Sorghum. alnum*, es factible detectar que los sorgos perennes son una alternativa viable en la minimización de recursos y sobre todo en la disminución de las deficiencias de forraje, además su estudio al igual que su uso se esta ampliando lo cual resulta favorable ya que se genera mayor información en cuanto a sus propiedades y aplicaciones.

4.3.Características de *Sorghum alnum*:

4.3.1.Orígen Geográfico.

El sorgo se considera originario de África de la zona ecuatorial, tiene aproximadamente 5000 años como especie cultivada y en América se estableció por primera vez en Argentina, donde se encuentra muy bien adaptada. La especie *Sorghum alnum* fué descrita por Parodi en 1943.

4.3.2.Clasificación Botánica.

Familia: Gramineae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Andropogoneae

Género: *Sorghum*

Especie: *S. alnum* Parodi

Nombre común: alnum, garaví, garaví perenne, pasto Colón,
pasto Columbus, pasto sorgo alnum, sorgo alnum,
sorgo de cuatro años, sorgo negro, sorgo negro argentino
sorgo perenne, Sudán negro, Sudán perenne.

4.3.3.Morfología.

El sorgo es una especie perenne, monoica, hermafrodita, incompleta, perfecta; la raíz es de tipo fascicular con una ramificación profusa, lo que lo hace resistente a la sequía; forma rizomas cortos, terminales, ascendentes; los tallos son cilíndricos, rectos y numerosos, puede crecer de 0.6 a 3.50 m; cada nudo está provisto de una yema lateral y en algunas variedades las yemas inferiores se desarrollan para formar macollos; las hojas son alternas, planas, de 30 a 100 cm. de longitud y 1.5 a 4 cm. de ancho; la panícula es de 20 a 60 cm. de largo, laxa, compacta, semicompacta o abierta; las espiguillas son sésiles, ovalado-lanceoladas, de 4.5 a 7mm. de largo y 2.5 mm. de ancho, con una arista de 1 cm. de largo o sin ella; las glumas son pardas o negras, duras, ovaladas y cubren completamente al fruto en la madurez; el fruto es un cariósipide ovalado, de 3.3 a 4 mm. de largo y 2 a 2.3 mm. de ancho; las espiguillas son persistentes sobre los racimos; la panícula puede llegar a tener hasta 6000 flores y se requiere un período de 5 a 7 días para su floración; el sorgo se autofecunda, aunque puede haber fecundación cruzada (Bogdan 1977, Robles 1979, y Velazquez 1994).

4.3.4.Condiciones de Cultivo.

Es un cultivo que se adapta a condiciones climáticas y edáficas muy diversas; crece bien en climas cálidos y secos, pero puede soportar bajas temperaturas, la temperatura óptima para su crecimiento es de 26.7 °C, la máxima es de 37.5 °C y la mínima de 16 °C. Se puede cultivar desde los 45° de latitud norte hasta los 35° de latitud sur y de 0 a 100 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), aunque en México se desarrolla entre los 2200 a 2600 m.s.n.m. (Robles *op. cit.*).

Generalmente el sorgo se cultiva en zonas con una precipitación de 400 a 750 mm. al año; es muy resistente a la sequía gracias a que presenta un sistema radical con una profusa ramificación y amplia distribución. Posee una serie de células higroscópicas a los lados de la nervadura central de la hoja que permiten su doblamiento y una capa cerosa que cubre ambas caras de la hoja y los primeros entrenudos, Robles (1979) menciona que cuando la humedad es elevada, se vuelve muy susceptible a patógenos y plagas que ocasionan pérdidas muy considerables, como por

ejemplo: la mosca de la panoja, gusano barrenador, pulgones, hongos (*Pythium*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Puccinia*, *Sphaceloteca*), entre otros (Velazquez 1994).

Crece en diversos suelos, sobre todo en aquellos de textura franco-arenosa y franco-arcillosa; cuando la cantidad de arcilla es muy elevada se puede dañar el sistema radical a causa del agrietamiento del suelo (Robles, 1979).

4.4.Importancia en México:

Sorghum almum primero se estableció en Argentina donde se cultivó a gran escala en 1940, en Sudáfrica es una de las plantas forrajeras mas importantes, en USA , Australia y numerosas ciudades con clima tropical y subtropical. En áreas de Rusia, Canadá, India y China (Bogdan 1977). En México comenzó a adquirir importancia en 1975 y actualmente se cultiva en Tamaulipas, Guanajuato, Sinaloa, Sonora, Michoacan, Jalisco, Estado de México, Baja California Norte, Tamaulipas, Coahuila etc. (Robles *op. cit.*, Guevara *et al* 1987, Eguiarte *et al* 1989, Jurado G.P., 1990), donde el uso que se le da es básicamente el de alimento para ganado y aves.

El cultivo de esta especie en un tiempo fue prohibido por su agresividad y peligro como mala hierba, actualmente se ha reportado creciendo a temperaturas menores a 15° C en USA, con precipitaciones de 400 a 600 mm en Africa, en gran variedad de suelos incluso en los suelos salinos. *Sorghum almum* es valorado por su buena producción de semillas, por su facilidad de establecimiento, por su elevada resistencia a la sequía, su alta producción, su buena calidad bromatológica y su hábito perenne (Bogdan 1977). Esta especie se ha adaptado bien a las diferentes condiciones climáticas del país, ha elevado los rendimientos unitarios y su relativa facilidad y bajo costo de cultivo además de sus grandes formas de aprovechamiento y conservación lo convierten en una de las gramíneas con más porvenir en México (Secretaría de Agricultura y Ganadería, 1968).

4.4.1. Usos.

El sorgo tiene un amplio campo de utilización ya que presenta especies forrajeras, escoberas, de grano y algunas de doble propósito. Se utilizan todas sus partes para diferentes fines; en forma de harina, grano; como forraje en forma de heno verde, picado o ensilado, o bien en forma industrializada (González *et al.*, 1990).

Tal es el caso de los sudanes y sorgos perénnes, como el Sudán dulce perenne y el Sorgo alium que además son un excelente forraje adicional para el ganado durante el verano, ya que generalmente se utilizan para pastoreo o bien pueden servir para heno o ensilaje (SAG *op. cit.*). Se considera que podrían sustituir al maíz en la mayoría de sus usos aunque no totalmente en la alimentación humana, sin embargo muchas zonas ya han cambiado el maíz por el sorgo principalmente los estados del norte, pero su cultivo no se ha generalizado en todo el país aún cuando las variedades de sorgo forrajeras presentan el atractivo de su alta producción, las de grano la posibilidad de obtener un alimento de mejor calidad debido a su mayor proporción de grano en relación con el forraje; en las de doble propósito, su altura de crecimiento es menor pero la producción de grano es mayor que las variedades forrajeras (Peñuñuri *et al.*, 1980, citado por Cabanillas *et al.*, 1984).

El sorgo puede usarse en alimentación humana (tortillas, pan etc.), como forraje y grano para aves; las vacas y ovejas utilizan bien el forraje de sorgo para el crecimiento, sostenimiento y engorde, además de ser un alimento útil para las vacas en lactación (Hughes y col., 1981, citados por Guevara 1987). También es posible planear la producción, lográndose un abastecimiento permanente de forraje lo cual se traduce en una mayor productividad en términos generales. Los sorgos escoberos como su nombre lo dice se emplean en la fabricación de escobas.

Su utilización también se ha ampliado al utilizarlo como abono verde devolviendo a las capas superiores del suelo los elementos nutritivos de las capas inferiores absorbidos por las raíces, lo cual no debe considerarse como base de la fertilización sino como complemento con el objeto de proporcionar materia orgánica y nitrógeno, además de mejorar las propiedades físicas del suelo (Flores, 1977).

4.4.2. Variedades.

Las plantas forrajeras son base de la ganadería en el país, sin embargo la insuficiente producción, los índices altos de agostadero, pastizales sobrepastoreados, falta de agua y de alimentos suplementarios, además prácticas irracionales en el manejo de los potreros han contribuido a la adquisición de conocimientos sobre plantas forrajeras en lo que respecta a su utilización, adaptación, cultivo, ventajas agronómicas y bromatológicas etc., que en un momento dado, permiten recomendarlas por disponer de forraje suficiente, de alta calidad y bajo precio, durante las diferentes estaciones del año incluso durante la época invernal (SAG, 1968).

La disponibilidad de gran número de variedades de sorgo forrajero en el mercado regional y nacional pone de manifiesto los grandes avances resultado de los estudios de fitomejoramiento principalmente en cuanto a producción, lográndose variedades altamente rendidoras (Eguarte, 1989). El contenido de proteínas varía del 8.5 a 9.0% en las variedades cultivadas en México (Robles, 1979).

La experimentación demuestra que los sudanes pueden cosecharse durante varios años con buen éxito, sin embargo debe considerarse que también algunas variedades son retiradas repentinamente del mercado, esto eleva los precios por la necesidad de importar semilla y por consiguiente la baja rentabilidad en el cultivo de esa especie forrajera (González, 1990).

Dentro de los sudanes y sorgos perennes hay numerosas variedades de las cuáles las híbridas son las más utilizadas; algunas de las más comunes son: Sudán dulce 125, Sudán dulce 126, Sudán dulce perenne y Sorgo alium (SAG *op. cit.*). Esta última descrita por Parodi (1943-1946) quien reconoce dos variedades: var. *alium* (*typicum*), y var. *parvispiculum* Parodi. *Sorghum alium* ha sido considerado un híbrido entre *S. halepense*, con una hierba que crece en Argentina, aunque actualmente se ha sugerido que es más fácil originarlo de cruces entre *S. halepense* y granos de sorghum. Otro híbrido entre *S. halepense* y *S. sudanense*, fué designado por Parodi (1946) como *S. randolphianum* (Bogdan, 1977).

Las variedades híbridas de sorgo, se han desarrollado de acuerdo a las condiciones climáticas y necesidades propias de cada región (Eguiarte *et al*, 1989), por ello es recomendable que la elección de la variedad se base en su adaptación a dichas condiciones, al período de crecimiento y humedad del suelo, así como a su resistencia a las enfermedades y al acame.

4.5.Labores de Preparación del Terreno:

Una buena y oportuna preparación del terreno es indispensable para lograr un buen desarrollo del cultivo; a continuación se describen las labores a realizar para obtener una buena preparación del suelo. Tomando en cuenta que la preparación del suelo (PDS) o labranza incluye todas las operaciones que se hacen al suelo para dejarlo en las mejores condiciones para la siembra o plantación de un cultivo, entonces se deben tomar en cuenta los sistemas de preparación de suelos (SPS) según Buckingham (1976)

Un SPS es el conjunto de labores que se hacen al terreno para dejarlo apto para la siembra; las características deseables de un SPS están implícitas en los objetivos de la PDS.

- La elección de un SPS dependerá de los siguientes factores, según Buckingham *op. cit.*:
 - 1.- Tipo y condiciones del suelo: Textura, Estructura, Humedad, Obstáculos (piedras, troncos), Peligro de erosión.
 - 2.- Cultivo anterior y cubierta vegetal
 - 3.- Exigencias del cultivo que se va a sembrar
 - 4.- Región del país (árida, lluviosa, de riego o temporal, tropical)
 - 5.- Tiempo disponible para completar la PDS
 - 6.- Maquinaria disponible*

4.5.1.Barbecho.

El barbecho es más bien un sistema de manejo del suelo que consiste en dejar el suelo arado por un período prolongado, una y hasta dos temporadas sin cultivo alguno, en descanso, con la finalidad de que acumule humedad y favorecer el proceso de nitrificación (Buckingham *op. cit.*).

* Se refiere al tipo de tractores, al tipo de implementos; así como a los sistemas tradicionales o convencionales desde equipos manuales hasta los de tracción animal.

Esta labor se recomienda realizar después de cosechar el cultivo anterior, dejando pasar un temporal o dos antes de un nuevo cultivo para inducir la granulación de los suelos arcillosos e incorporar los residuos de cosecha para favorecer su rápida descomposición por los microorganismos del suelo, y para captar las lluvias esporádicas además de exponer las plagas del suelo a la acción de los factores naturales de control (SARH, 1994).

4.5.2. Barbecho cruzado.

Es la segunda pasada al barbecho de forma cruzada con el fin de voltear mejor el suelo y desmenuzar los terrones grandes tratando de lograr la mayor profundidad a fin de romper, aflojar y voltear el prisma del suelo (Berlijn 1982).

4.5.3. Rastreo.

Esta labor se debe efectuar para desbaratar los terrones que queden después del barbecho o cruza a nivel mas pequeño, se sugiere dar un paso de rastra una vez caídas las primeras lluvias, esperar a orearse el suelo para dar otro rastreo antes de sembrar, para eliminar maleza, emparejar y aflojar; para desmenuzar los terrones, mullir suficientemente el suelo y favorecer la emergencia uniforme de las plantas (SARH, 1994).

4.5.4. Surcado.

Es la labor en la cuál se trazan surcos de 72 cm entre surco y surco; los equipos manuales y la mayoría de los de tracción animal, trabajan sólo una hilera (Berlijn *op. cit.*).

4.6. Siembra:

4.6.1. Fecha de Siembra.

La fecha de siembra depende principalmente de la disponibilidad de agua en el suelo, así como del ciclo de vida del cultivo; en la región se siembra durante la segunda quincena de mayo o la primera de junio al establecerse el temporal, siembras posteriores pueden afectar la fenología y

desarrollo del cultivo, su rendimiento y calidad por el término del temporal o por la ocurrencia de heladas en octubre (SARH, 1994). La influencia de la fecha de siembra sobre la calidad y cantidad de forraje producido en las variedades de sorgo forrajero ha sido considerada, Caballinas *et al* en 1984 concluyó que al ser mas tardía la proporción de tallos se incrementa y las hojas y el grano se reducen.

4.6.2.Densidad de Siembra.

Para determinar la cantidad de semilla hay que tomar en cuenta principalmente el porcentaje de pureza y germinación, la preparación que se dio al suelo, la distancia entre surcos, la disponibilidad de agua durante el cultivo, la fertilidad del suelo y la respuesta de las variedades a diferentes densidades de población (SARH *op. cit.*, Reyes 1994). Con mas de 85% de germinación en suelos poco fértiles, la densidad se calcula en 15 kilogramos de semilla por hectárea, mas un 10% adicional por viabilidad de la semilla, pérdida por factores climáticos o biológicos.

4.6.3.Método de Siembra.

La siembra es a chorrillo en el fondo del surco, tapando la semilla con una capa de tierra de 2 a 5 cm de acuerdo con la textura del suelo y realizando esta operación con ramas o bien a tapa pié, o con la azada universal. La siembra debe realizarse después de iniciadas las lluvias (SARH, 1990; 1994).

4.7.Labores de Cultivo:

4.7.1.Fertilización.

La fertilidad de los suelos significa simplemente su productividad; el incremento en la producción total se ha conseguido por el gran aumento en las cantidades de fertilizantes usados, esto ha conducido a incrementar los rendimientos y ha consolidado los cambios en nuestra agricultura al proporcionar alimentos adicionales a las plantas (Cooke, 1981).

En general los cultivos forrajeros responden bien a la fertilización nitrogenada (Berlijn 1982). El nitrógeno es la base de la nutrición de las plantas y uno de los componentes mas importante de la materia orgánica. El crecimiento de las plantas esta frecuentemente limitado por deficiencia de nitrógeno. Por su esencialidad y las altas cantidades que se requieren de él para obtener altos rendimientos de cultivo, aunado a su baja disponibilidad en los suelos se deben aplicar anualmente millones de toneladas de fertilizantes que lo contienen (Juscafresa, 1979).

Las gran diversidad de especies forrajeras no responden en la misma forma a la aplicación de fertilizantes, estos cultivos extraen del suelo una cierta cantidad de cada uno de los elementos como nitrógeno, fósforo y potasio, que varía de acuerdo a la especie y a su rendimiento. Debido a esta variedad de condiciones, las cantidades de fertilizantes son mas bien de carácter indicativo (Berlijn, 1982).

En la zona en estudio el cultivo de sorgo se fertiliza con 60 Kilogramos de nitrógeno y 40 de fósforo por hectárea. La mitad del nitrógeno y todo el fósforo se aplica en la siembra y la otra mitad del nitrógeno al realizar el "aporque" o bien a los 35 días aproximadamente después de la siembra; en ambos casos se aplica a chorrillo tirándolo en el fondo del surco en la siembra y aproximadamente a 5 centímetros de la hilera de plantas en la primera labor (SARH, 1990; 1994).

4.7.2. Abonado.

La adición de materia orgánica al suelo, mejora sus características físicas, químicas y biológicas, ya que aumenta la porosidad, mejora la estructura y condiciones ácidas o alcalinas tendiendolas a la neutralidad, reduce la adhesividad de suelos arcillosos facilitando su laboreo, retiene la humedad, favorece el desarrollo microbiológico, la formación de agregados etc. con efecto benéfico en el crecimiento vegetal.

Por su efecto benéfico en la bioestructura del suelo su incorporación es esencial, generalmente se aplica junto con la siembra para retener humedad y disminuir la evaporación así como promover su descomposición para cuando la planta emerja (Benedicto, 1990).

4.7.3. Deshierbe.

Las plántulas de sorgo compiten con las malas hierbas por agua, luz y nutrientes, principalmente durante los primeros 40 días después de la siembra. El combate de las malezas puede ser químico o mecánico; en la zona ha funcionado el mecánico que consiste en realizar dos escardas, la primera o "labra" entre los 15 y 20 días posteriores a la siembra, y la segunda o "cajón" de los 35 a 40 días después de la siembra. Se utiliza yunta en suelos pesados (SARH 1994).

4.7.4. Control de Plagas.

El daño por plagas en cultivos de sorgo en la Mixteca es bajo, debido principalmente a la poca presencia de las mismas debido a las condiciones climáticas y la baja superficie sembrada con sorgo, por lo que las pérdidas por plagas no son considerables. El pulgón verde ataca desde la emergencia a las plántulas, es sensible a la mayoría de los insecticidas, los cuáles se aplican dependiendo del tamaño de la plántulas y según las especificaciones del productor (SARH, 1994). Como se cito antes, Robles *op. cit.* menciona que cuando la humedad es elevada, se vuelve muy susceptible a patógenos y plagas como la mosca de la panoja, gusano barrenador, pulgones y hongos. Sin embargo las condiciones climáticas limitan su ataque.

4.8. Cosecha:

El mejor estadio es cuando el 90 % del cultivo ha floreado ya que si se cosecha fuera de época o cuando el clima es desfavorable el valor del cultivo se reduce o bien si su corte es antes de su madurez contiene ácido prúsico o cianhídrico que causa envenenamiento en el ganado (Robles, 1979). De la floración a la producción de semillas el peso total puede aumentar cerca de un 40 % aumentando el tonelaje de materia seca, pero el contenido de proteína cruda se reduce por la movilización de compuestos nitrogenados a los granos; la evapotranspiración como la actividad luminosa afectan la función de la enzima nitratorreductasa modificando el contenido y rendimiento de proteína cruda. En caso de cosechar en forma manual se debe cortar la panoja con la hoz a una distancia de 2 a 5 cm. de la base de la planta (SARH, 1994).

5.1. Localización:

El estado de Oaxaca se localiza en la porción SE de la República Mexicana, abarca desde la porción austral de la Sierra Madre Oriental hasta la Sierra Madre del Sur, el litoral del Océano Pacífico y una parte del Istmo de Tehuantepec. Limita al N con los estados de Veracruz y Puebla, al S con el Océano Pacífico, al E con Chiapas y al W con el estado de Guerrero. Aquí se combinan en una superficie de 95 952 Km², intrínsecas serranías, exuberantes planicies, playas, grutas, cañones y estrechas cañadas. Tradicionalmente el estado se ha dividido en siete regiones, a saber; el Valle, la Sierra, la Costa, la Cañada, las Mixtecas Alta y Baja, el Papaloapan y el Istmo (Miranda, 1993; Gob. del Edo. de Oaxaca, 1988).

La zona de estudio se localiza en la Región de la Mixteca Alta al NW del estado de Oaxaca dentro del distrito de Huajuapán de León el cual geográficamente se ubica en los 99° 40' 10" y 98° 35' 05" de longitud E del Meridiano de Greenwich y 18° 30' 15" y 17° 15' 10" de latitud N (Mendoza, 1992). (figura 1)

La división política del estado está formada por 570 municipios agrupados en 30 distritos; uno es Huajuapán cabecera municipal ya considerado ciudad, integrado por 60 agencias municipales, 50 agencias de policía, 1 villa, 54 aldeas y 64 rancherías (Mendoza, 1992). Limita al NW y NE con el estado de Puebla; al E con el distrito de Coixtlahuaca; por el SE y SW con Teposcolula y Juxtlahuaca, y por el W con Silacayoapan. Su extensión territorial aproximadamente es de 3,166.59 Km² (G.E.O. *op cit*).

5.2. Fisiografía:

En esta área concurren dos provincias fisiográficas que son: 1) La provincia del Eje Neovolcánico y 2) La provincia Sierra Madre del Sur: La primera formada por una subprovincia

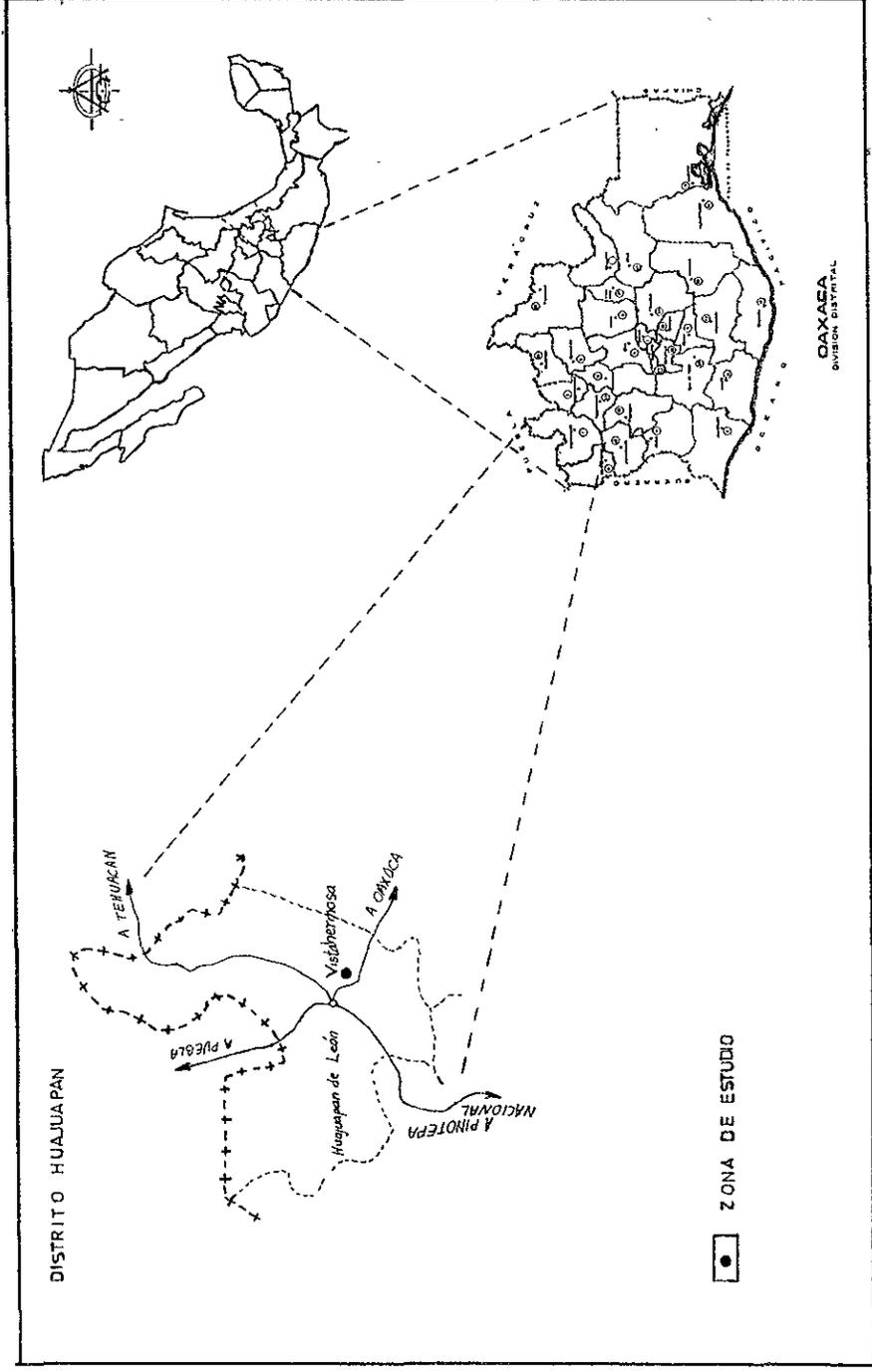


Fig.1 Localización de la zona de estudio

denominada Sur de Puebla que abarca los límites del estado de Oaxaca con Puebla, la segunda compuesta por cuatro Subprovincias; Cordillera Costera Sur, Costas del Sur, Sierras Centrales de Oaxaca y Mixteca Alta. (SARH, 1994).

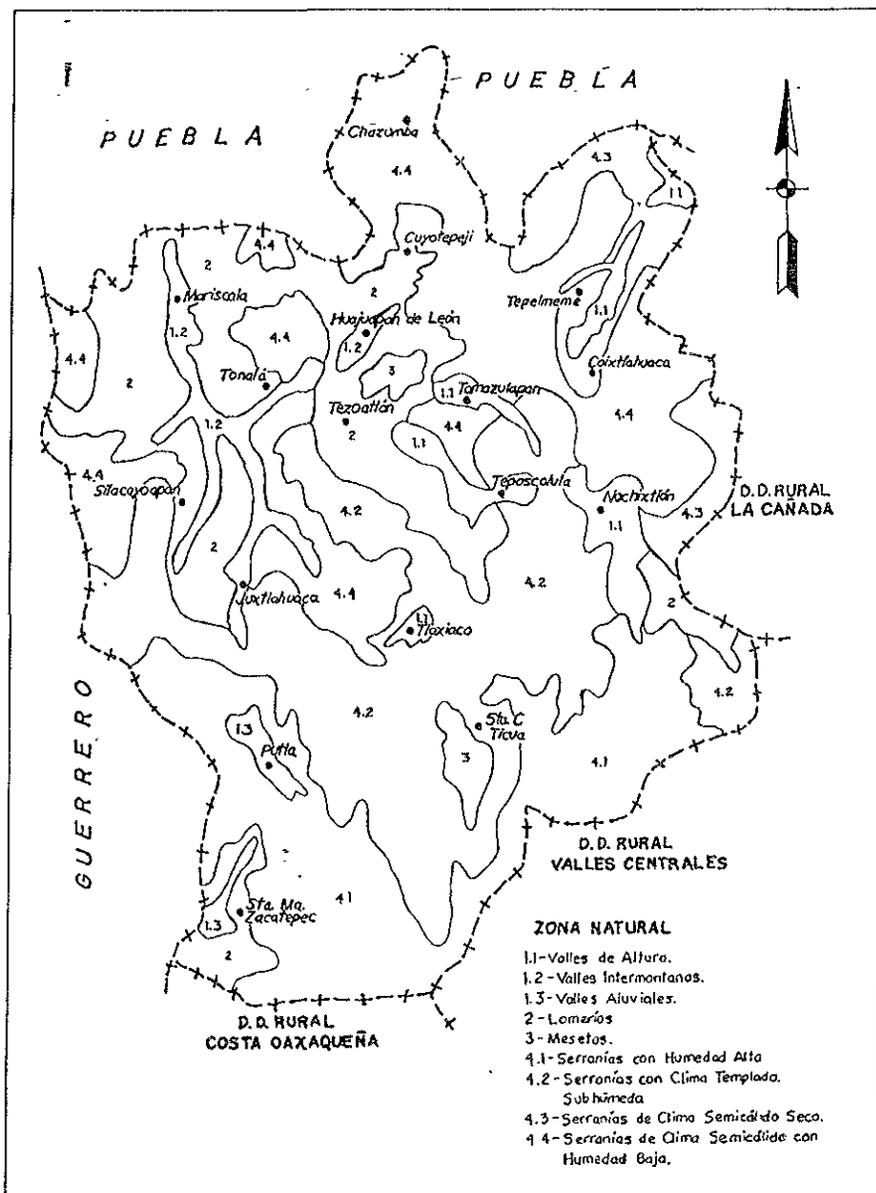
Fisiográficamente la Mixteca Oaxaqueña se caracteriza por un paisaje montañoso agreste con fuertes pendientes que se conoce con el nombre de Sierra Madre del Sur. La cual penetra al estado por el distrito de Silacayoapan y cruza el de Huajuapán extendiéndose a todo lo largo de la costa con dirección NW-SE, para posteriormente unirse a la Sierra Madre de Oaxaca y formar ambas el macizo serrano o nudo montañoso conocido con el nombre de Complejo Oaxaqueño (SARH, 1994; Gob. del Edo. de Oax.1988).

Completan la fisiografía numerosas cañadas las cuáles forman pequeños valles a lo largo de las márgenes de los ríos, así mismo figuran ingentemente los valles de altura. En la Mixteca Alta resaltan los valles intermontanos donde están asentados los municipios, por ejemplo el distrito de Huajuapán.

Éste distrito presentan cinco pequeñas regiones naturales que son: La región de la Cañada, región de la Jale, región de la Montaña que se localiza al sur, región norte y nor oriental, y región del noroeste que es un plano inclinado al poniente (Mendoza, 1992).

La zona en estudio se ubica en la región noroeste donde las alturas varían desde 500 a 2000 msnm, en la subregión Mixteca Alta las alturas principales son el cerro verde que es el más alto del distrito, el cerro de la Soledad, el cerro del Yucunitzá entre otros muy numerosos. (Mendoza *op. cit.*).

La altura máxima del distrito se localiza en el municipio de San Simón Zahuatlán (2 897 msnm) y la más baja en Santiago Miltepec (350 msnm), también hay zonas accidentadas con numerosas cuevas y grutas que son patrimonio de la región, así como imponentes cañones paso de ríos como el Boquerón (G.E.O., *op. cit.*; Mendoza *op. cit.*).



Fuente: SARH, 1994. Esc. 1:1000 000

Figura 2. Zonas naturales de la Mixteca Oaxaqueña

5.3.Geología:

Existen diversas unidades geomorfológicas y complejos cuyas rocas datan del Precámbrico al reciente. En la zona en estudio al NW del estado se observan formaciones del Mesozoico representadas por una secuencia de rocas sedimentarias continentales y marinas, metamórficas y volcánicas (Rodríguez y Segura, 1970), (figura 3).

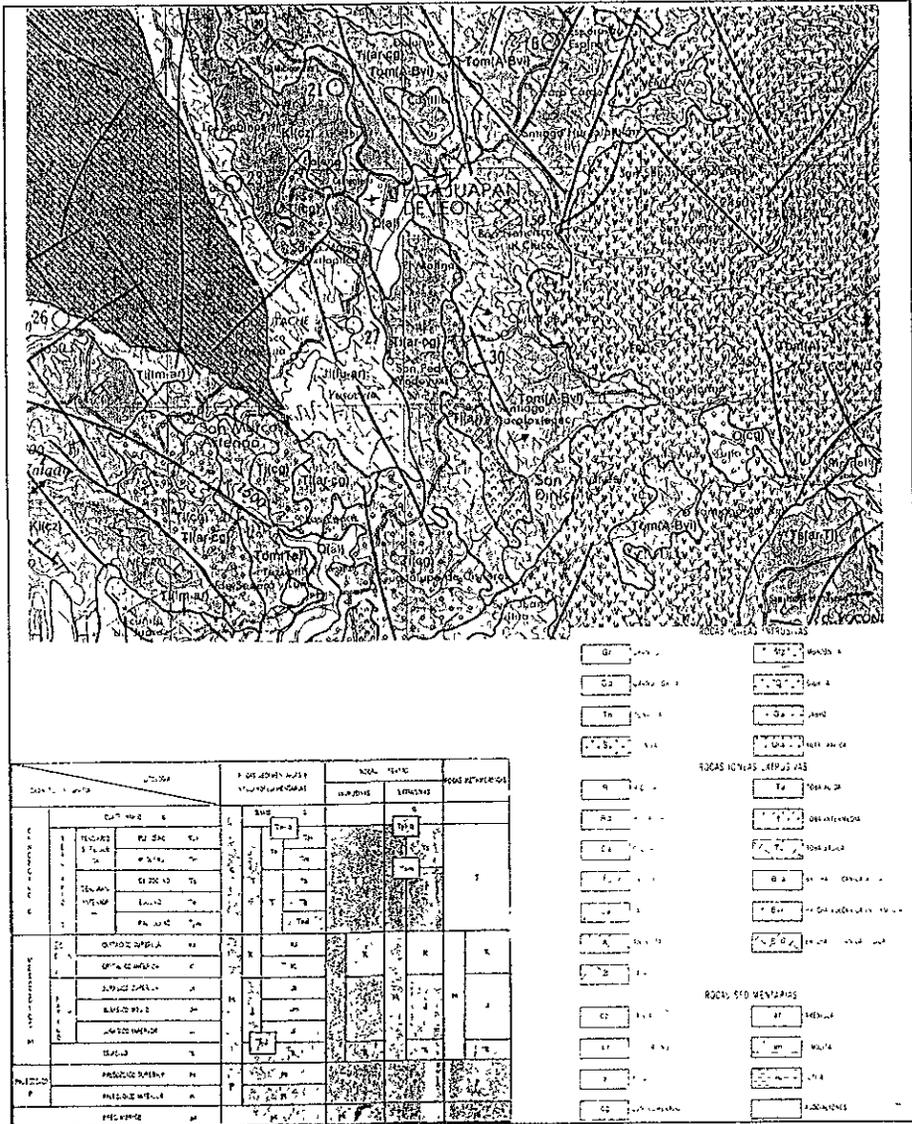
Los lechos rojos continentales y sedimentos marinos del Jurásico Inferior incumben a la formación Rosario en la cual sobreyacen discordantes a las rocas metamórficas del complejo basal cartografiadas en las regiones de San Juan Mixtepec y Huajuapán de León con la clave lutita-arenisca. La capa de suelo en el distrito de Huajuapán es de naturaleza calcárea, sedimentaria y estratificada, que data de la era Terciaria o Cenozoica (Cuenca fosilífera de San Juan Raya y Chinango) bien representada en el área (Mendoza, 1992).

Sin embargo a partir del poste marcado con el km 316 de la Carr. Fed. 190 rumbo a la ciudad de Oaxaca parte el punto en el que afloran andesita y aglomerados andesíticos (derrames de lodo principalmente) ubicado justo sobre el puente del río Mixteco, el cual es considerado como una cabecera local, ya que comienza el ascenso sobre las cuestas formadas por rocas volcánicas (lavas), y volcanoclásticas (tobas y derrames de lodo) de la unidad volcánica del terciario superior (Rodríguez y Segura, 1970).

A partir de dicha unidad se observa una secuencia de montañas de origen volcánico entre Huajuapán y Tamazulapán, así como relaciones estratigráficas de esta secuencia con los depósitos lacustres precontemporáneos y algunos afloramientos de rocas mesozoicas de origen sedimentario (Rodríguez y Segura *op. cit.*).

5.4.Hidrología:

Al igual que el sistema orográfico, el hidrográfico resulta muy complicado, ya sea por la gran cantidad de corrientes y por los diferentes nombres que se les atribuyen a éstas a lo largo de su recorrido; estas corrientes están divididas en dos vertientes, la vertiente del Golfo de México y la



Fuente: INEGI, 1984 Esc. 1:1000 000

Figura 3. Carta Geológica

vertiente del Pacífico. La vertiente del Golfo está constituida principalmente por los ríos Papaloapan y Coatzacoalcos con sus respectivos afluentes, la vertiente del Pacífico está constituida básicamente por tres corrientes; la del río Mixteco, la del río Atoyac y la del río Tehuantepec (SARH 1994; Gob. del Edo. de Oax., 1988).

La cuenca del río Balsas se origina en la Mixteca Baja y tiene como principal afluente el río Mixteco, que a su vez es afluente de todos los arroyos y pequeños ríos del distrito el cuál está formado por la unión de dos brazos: El primero constituido por las pequeñas corrientes procedentes de Huajuapán cuyas aguas son captadas por la presa Yosocuta, aguas abajo confluyen los ríos oro y salado entre otros, así como los ríos provenientes de la vertiente de Teposcolula; el segundo brazo está integrado por los caudales provenientes de Tlaxiaco, Juxtlahuaca, Silacayoapan y Teposcolula. (SARH, 1994; Gob. del Edo. de Oax., 1988; Mendoza, 1992).

Al unirse los dos ramales en San Sebastián del Monte se origina el río Mixteco cuyas aguas vierten en la presa derivadora Zocoteaca, en el límite oeste del estado se junta también el río Coicoyán los cuáles se internan por el estado de Guerrero formando el río Balsas. Los recursos hidrográficos del distrito son amplios, sus municipios se riegan con los afluentes del río Mixteco, río Huajuapán, arroyos de los ríos Papaloapan, Chiquito y el Verde (SARH *op. cit.*, G.E.O. *op. cit.*).

Dichas cuencas constituyen grandes beneficios al desarrollo de las actividades agropecuarias de la región dado que en su mayor parte son aprovechadas las aguas de los afluentes mediante pequeñas represas o simplemente las aguas son derivadas por bordos y represas directamente hacia terrenos de cultivo, así mismo; también se explotan intensamente los mantos acuíferos mediante sistemas de bombeo de pozos o norias establecidos en las cercanías de los ríos (SARH *op. cit.*).

Se encuentra también la laguna de Cuahutepec cerca del pueblo con el mismo nombre en el municipio de Camotlán, hacia la zona E de Huajuapán rumbo donde se ubican otras más pequeñas casi secas fuera del período de lluvias. En lo referente a manantiales en el distrito no se



Fuente: SARH, 1994 Esc. 1:1000 000

Figura 4. Hidrología

encuentran, pero la Mixteca cuenta con los de Nochixtlán, Tamazulapan del Progreso, Tlaxiaco, y Tecomaxtlahuaca (Mendoza 1992).

5.5.Suelos:

En el área de la Mixteca los suelos presentan propiedades y características físicas y químicas intrínsecamente inherentes con el material parental por los efectos del relieve, vegetación y clima (SARH 1994) (figura 5).

En general los suelos del distrito son muy someros, frecuentemente menores de 10 cm. de profundidad, con susceptibilidad a la erosión. De acuerdo con los inventarios de erosión realizados por la Dirección General de Conservación de Suelo y agua de la SARH (1987) (hoy SAGAR) en el estado, de una superficie total de 9 421.1 ha/1000 afectadas por la erosión en diferentes grados reportan 1413.2 con erosión no manifiesta, 1413.2 leve, 1884.2 moderada, 1884.2 severa, y 2826.3 ha/1000 muy severa, siendo el estado con la mayor superficie estimada con problemas de erosión.

Estos problemas son característicos de los distritos de Huajuapán, Coixtlahuaca, Teposcolula y Nochixtlán abarcando una superficie que representa el 24% de la superficie total (SARH, 1994).

Conforme a la clasificación de FAO-UNESCO en el distrito tenemos pocos suelos negros, hay mayor cantidad de suelos amarillos, más alto porcentaje todavía de suelos de calcificación y muchos suelos silíceos. Pocos son los suelos francos y profundos. En el distrito de Huajuapán se encuentran tres unidades de suelo: El Cambisol Cálcico, El Luvisol Órtico y Las Rendzinas; los primeros están presentes en la mayoría de los municipios, en diferentes colores de acuerdo al estado de oxidación, son suelos propios para la agricultura siempre y cuando se mantengan debidamente fertilizados (SARH *op. cit.*).

El Luvisol Órtico se reduce a los suelos de el municipio de Santiago Huajolotlán por que cuentan con enriquecimiento de arcilla del subsuelo, frecuentemente de color claro o en ocasiones presentan tonos pardos o grises sin llegar a ser muy oscuros, son de fertilidad moderada y

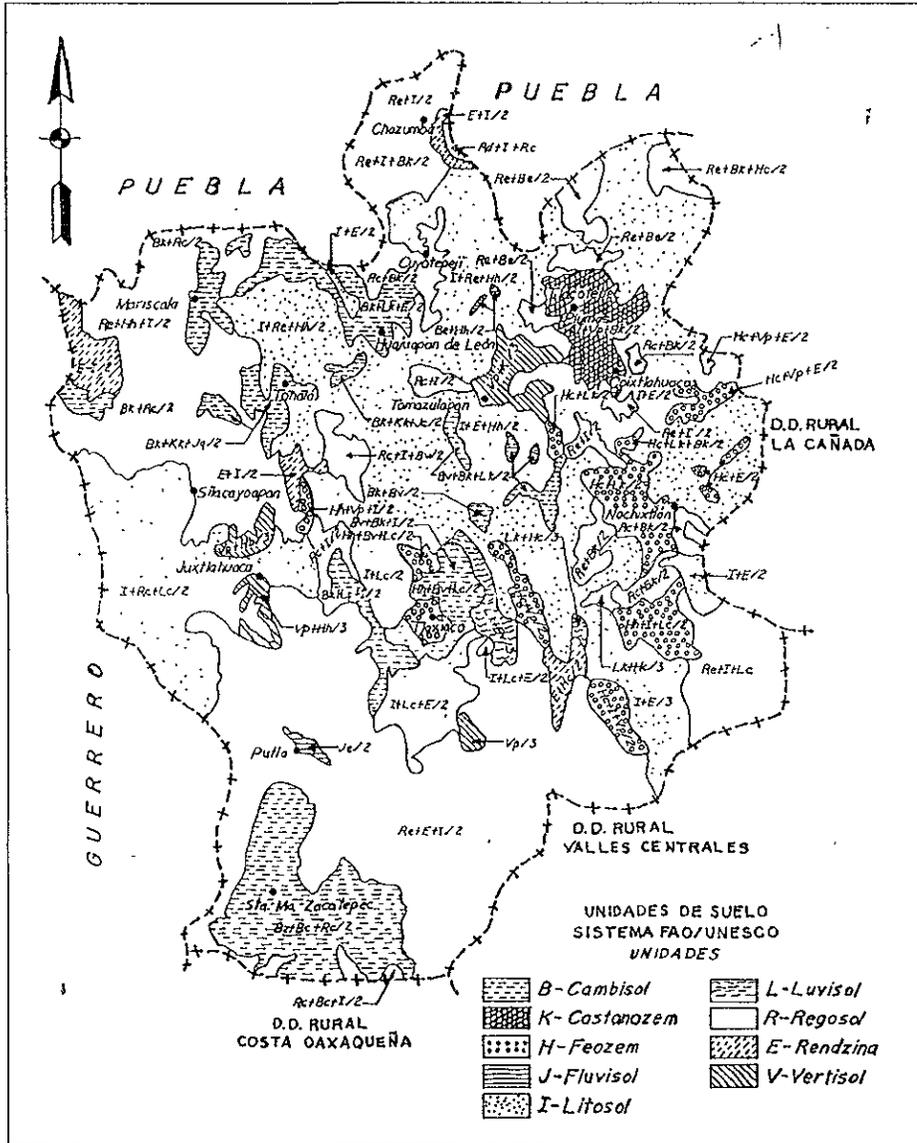


Figura 5. Suelos

generalmente se usan con fines agrícolas; cuando se emplean en actividades forestales dan rendimientos sobresalientes. Las Rendzinas se localizan en los municipios al E de Huajuapán hasta Chazumba, se caracterizan por poseer una capa superficial abundante en humus muy fértil, que descansa sobre roca caliza o algún material rico en cal. No son muy profundos, generalmente arcillosos con susceptibilidad moderada a la erosión. Su vegetación natural puede ser matorral, selva o bosque (Mendoza, 1992).

El uso forestal de estos suelos depende de la vegetación que presentan. El cultivo del maíz cuando se encuentran en llanos o lomas suaves da rendimientos bajos. También si se desmontan se pueden usar para la ganadería pero con rendimientos bajos moderados y con gran peligro de erosión en las laderas y lomas (SARH, 1994).

El conocimiento óptimo de estos suelos se hace mas difícil dada la gran variedad de condiciones climáticas y de relieve que no permiten identificar fácilmente las unidades de suelo, debido a esto, se clasifican también según su ubicación. En este distrito encontramos suelos de ladera, suelos de áreas forestales, y suelos situados en las partes bajas y planas; los primeros se caracterizan por el poco espesor, abundante pedregosidad superficial, texturas medias y moderadamente ricos a pobres en materia orgánica, la reacción es ligeramente alcalina y son susceptible de erosionarse; en cambio, los de áreas forestales presentan perfil profundo, carentes de pedregosidad superficial, algunos sitios son de pH ácido y ricos en materia orgánica. Los suelos situados en las partes bajas y planas son de color pardo oscuro a café rojizo, algunos sitios carecen de pedregosidad superficial mientras que otros presentan abundante pedregosidad superficial, las profundidades varían de someras a medianamente profundas, las texturas son migajón-arcilloso, arcilloso, franco y arenoso, la reacción es neutra o moderadamente alcalina (pH = 7.5 a 8.8) (SARH, 1994; Gob. del Edo. de Oax., 1988).

En términos generales los suelos existentes en la Mixteca Alta y Baja de acuerdo al sistema FAO/UNESCO son: Cambisol, Feozems, Castañozem, Litosol, Regosol, Luvisol, Vertisol, Fluvisol y Rendzina; los cuáles se distribuyen de manera compleja en asociaciones o bien de forma individual (SARH *op. cit.*).

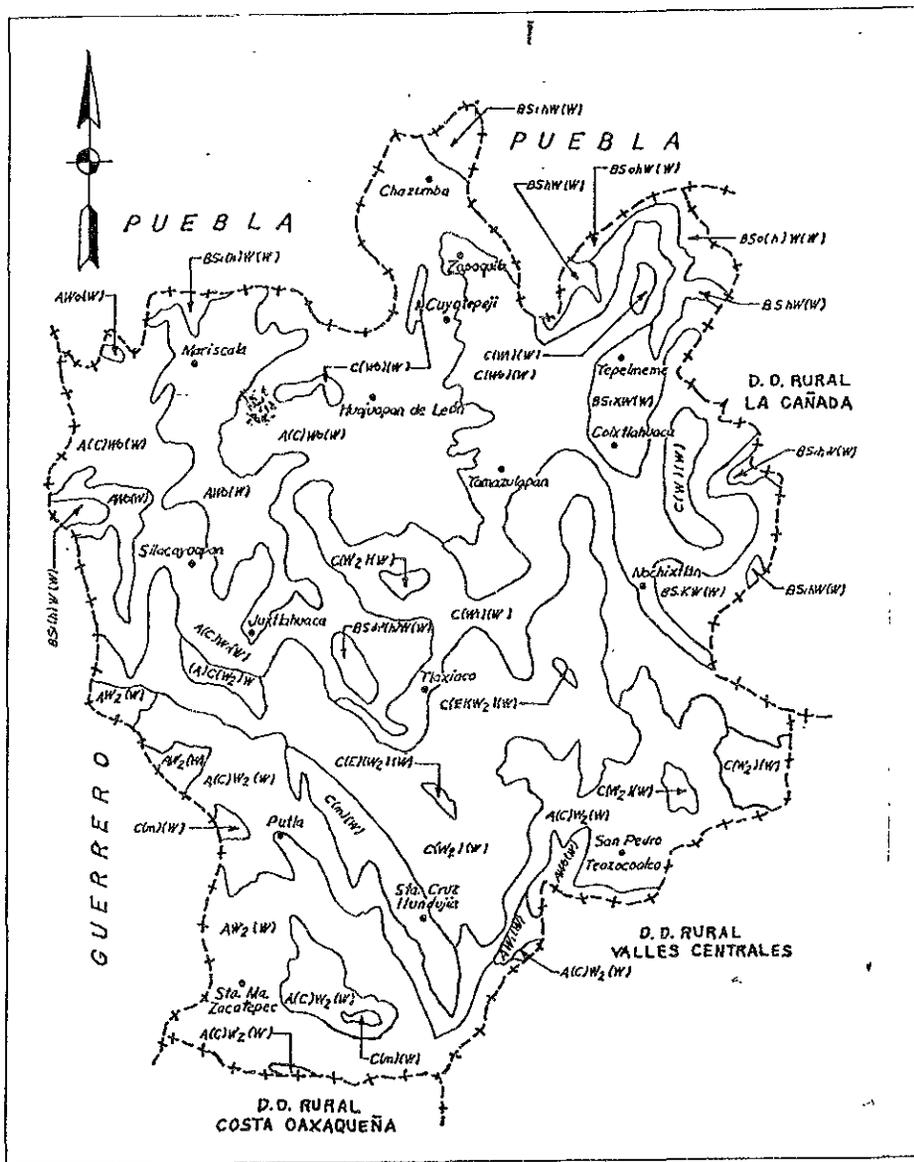
5.6. Clima:

En la Mixteca existe una heterogeneidad climática bien definida por la influencia de la orografía y la posición latitudinal. Según la clasificación climatológica de Koppen modificada por E. García (1988) en el altiplano de la Mixteca Alta y serranías, dominan los climas templados subhúmedos fríos y para la Mixteca Baja los grupos climatológicos semicálidos (SARH, 1994)

Los grupos de climas dominantes en la Mixteca Alta son: C(wo) (W)b (i)g templado sub-húmedo con régimen de lluvias en verano y temperaturas medias anuales de 12 a 19 °C, siendo más húmedo al sur y más seco al este, las precipitaciones (pp.) varían de 648 a 857 mm., el tipo climático Bs, kw (w) templado semiseco con temperaturas medias anuales de 12 a 18 °C y pp de 448 a 500 mm.; los grupos de climas semicálidos sub-húmedos (A)C (wo") (w) a (i)g se extiende en la subregión de la Mixteca Baja y se caracteriza por un régimen de lluvias en verano, con un coeficiente P/T menor de 43.1 y temperatura media anual entre 18 y 25 °C, el promedio de pp oscila de 480 a 700 mm. anuales, el tipo climático A w'2 (w)ig. presenta una temperatura media anual de 20 a 25 °C y pp. de 1 500 a 2 165 mm anuales y corresponde a las zonas más húmedas de la Mixteca (SARH *op. cit.*) (figura 6).

En términos generales la Mixteca Oaxaqueña se caracteriza por un régimen de lluvias errático y aleatorio (que varía generalmente dentro de áreas geográficas pequeñas). Es fácil afirmar que la precipitación pluvial del distrito es mediana, acentuándose un poco más en las cordilleras del sur y del oriente, ésta fluctúa entre los 712mm y los 867mm (SARH *op cit.*; Gob. del Edo. de Oax., 1988; Mendoza, 1992).

La temporada de lluvias inicia en abril para algunas áreas (otras en mayo) y dura hasta octubre, pero frecuentemente el período lluvioso se retrasa, termina antes de la época o bien suceden ambas cosas. Pero frecuentemente se establece de junio a septiembre en grado torrencial (SARH *op. cit.*; Mendoza *op. cit.*)



Fuente: SARH, 1994. Esc 1:1000 000

Figura 6. Climas

Aunado a esto, en la zona se presentan dos períodos de sequía, uno invernal de noviembre a marzo y el otro durante la estación lluviosa a fines de julio y agosto al que se le denomina "Canícula" o sequía intraestival (SARH *op. cit.*).

La evaporación varía de 1,475 a 1,621 mm. anuales en la Mixteca Alta. La dirección dominante de los vientos proviene del E en los meses de septiembre, octubre y noviembre con velocidades de 1.4 m/seg. En los meses de marzo, junio, julio, agosto y diciembre soplan del E-NE con velocidades de 1.9 a 2.8 m/seg. y son del N-NW en enero, febrero, abril y mayo con velocidades de 1.5 a 2.1 m/seg. Aunque en la región predominan las brisas y vientos suaves (SARH *op. cit.*; Mendoza *op. cit.*)

Los remolinos son muy frecuentes en febrero y marzo, las heladas son uno de los fenómenos atmosféricos que limitan considerablemente la producción de cosechas con suma frecuencia, ocasionando graves pérdidas a la agricultura e inciden más temprano en la mixteca alta que en la Mixteca Baja (SARH *op. cit.*).

En la zona en estudio el clima es muy variado, oscila entre 12.9°C y los 27°C y se han llegado a registrar hasta 35°C en verano; y las temperaturas más bajas se presentan en los meses de diciembre a enero y parte de febrero con 10°C a -2°C aunque también llega a helar los primeros días de marzo, pero son esporádicas y poco frecuentes por efecto del viento del NE (SARH, 1994; Gob. del Edo. de Oax., 1988; Mendoza, 1992).

Las granizadas no son frecuentes sin embargo algunas veces ocurren al inicio de la temporada de lluvias y en ocasiones en la etapa fenológica de floración de los cultivos dañando el área foliar. Los valles de los ríos: Mixteco, Tlapaneco, Salado y Alto Atoyac, tienen clima semiseco-semicálido con lluvias de verano (SARH *op. cit.*).

Estos factores son de gran importancia para la agricultura ya que permiten el desarrollo de cultivos que requieren climas extremos tanto calientes como fríos. La carta hidrogeográfica de abril 1992 marca la intensidad promedio de la sequía relativa de 20 a 30 % con regímenes de humedad de un suelo Xérico y Ústico.

5.6.1. Obtención de datos de T° y pp.

Durante el desarrollo del experimento se tomaron los datos de temperatura (T°) y precipitación (pp) de enero a diciembre de 1994, para obtener el climograma (figura 7) que nos permita ver la relación entre la producción obtenida con la fluctuación de estos elementos. Para la toma de estos datos se exige una cierta estandarización de medidas, estos fueron facilitados por la Estación Meteorológica de Huajuapán de León, ubicada en el rancho La Estancia, Oaxaca.

La máxima precipitación en promedio es de 15.4 mm., y la mínima de 0.3 mm., con una total anual de 793.70 mm. La temperatura varió muy poco; osciló con una máxima en promedio de 22.2 °C y una mínima de 16.7°C, con ligeras heladas en enero y diciembre, con un total anual de 50.8 °C. Por lo que sacando la relación pp/T° tenemos una evapotranspiración de 15.6 mm. y un clima templado seco o semihúmedo.

5.7. Vegetación:

La vegetación se caracteriza por una alta perturbación de sus estratos originales debido a las actividades humanas, fundamentalmente la tala inmoderada de especies arbóreas para su doméstico, la agricultura y el sobrepastoreo (SARH, 1994).

Los tipos de vegetación guardan una estrecha relación con la altitud del terreno, suelo y condiciones climatológicas que prevalecen en cada una de las geoformas formando una superposición de elementos florísticos sin un límite definido que incluye desde vegetación de zonas semiáridas entre las cuáles se encuentran el matorral crasicauile, rosetófilas, nopaleras, mezquital y chaparral hasta especies de climas cálido-subhúmedo y templado como la selva baja caducifolia, matorral subtropical, vegetación de galería y el bosque de pino, oyamel, asociación pino-encino, encino-pino, y encino (SARH *op. cit.*; Gob. del Edo. de Oax., 1988; Mendoza, 1992; INEGI, 1984).

En el distrito de Huajuapán se observa gran variedad de cactáceas como biznagas, mamilarias, órganos, nopaleras etc. entre los que destaca el cacto pitayero (*Stenocereus sp.*), los

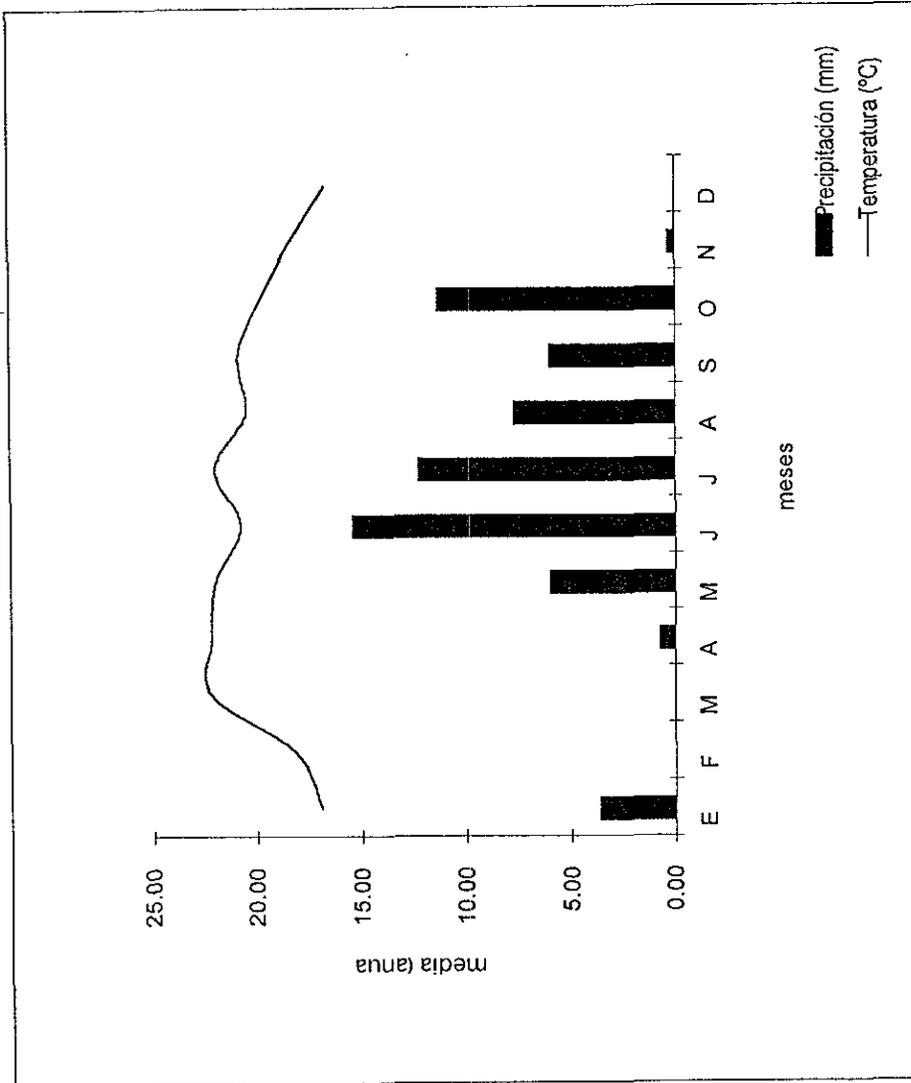


Figura 7. Climograma

El registro de los datos climáticos corresponde al ciclo 1994 proporcionados por la Estación Meteorológica de Huajuapán de León Oax., ubicada en el Rancho La Estancia a 1680 msnm, con un clima templado semihúmedo seco con un registro continuo desde 1979.

órganos (*S. dumortieri*, *Cephalocereus sp.*) nopaleras (*Opuntia sp.*, *O. microdasys*, *O. rastrera* etc.) biznagas (*Ferocactus sp.*), abrojos (*Microrhamnus ericoides*) etc. en general este tipo de vegetación esta bien representada, al igual que el matorral crasicauale (*Agave sp.*), así como también el mezquital (*Prosopis sp.*) (SARH *op. cit.*; INEGI *op. cit.*).

También ocupa un lugar importante el pastizal inducido, la mayor parte de éstos pastizales ha sido sometido a un sobrepastoreo que ha favorecido la pérdida del suelo, dicha erosión es heterogénea siendo en la mayoría de la zona muy acentuada (INEGI, 1984).

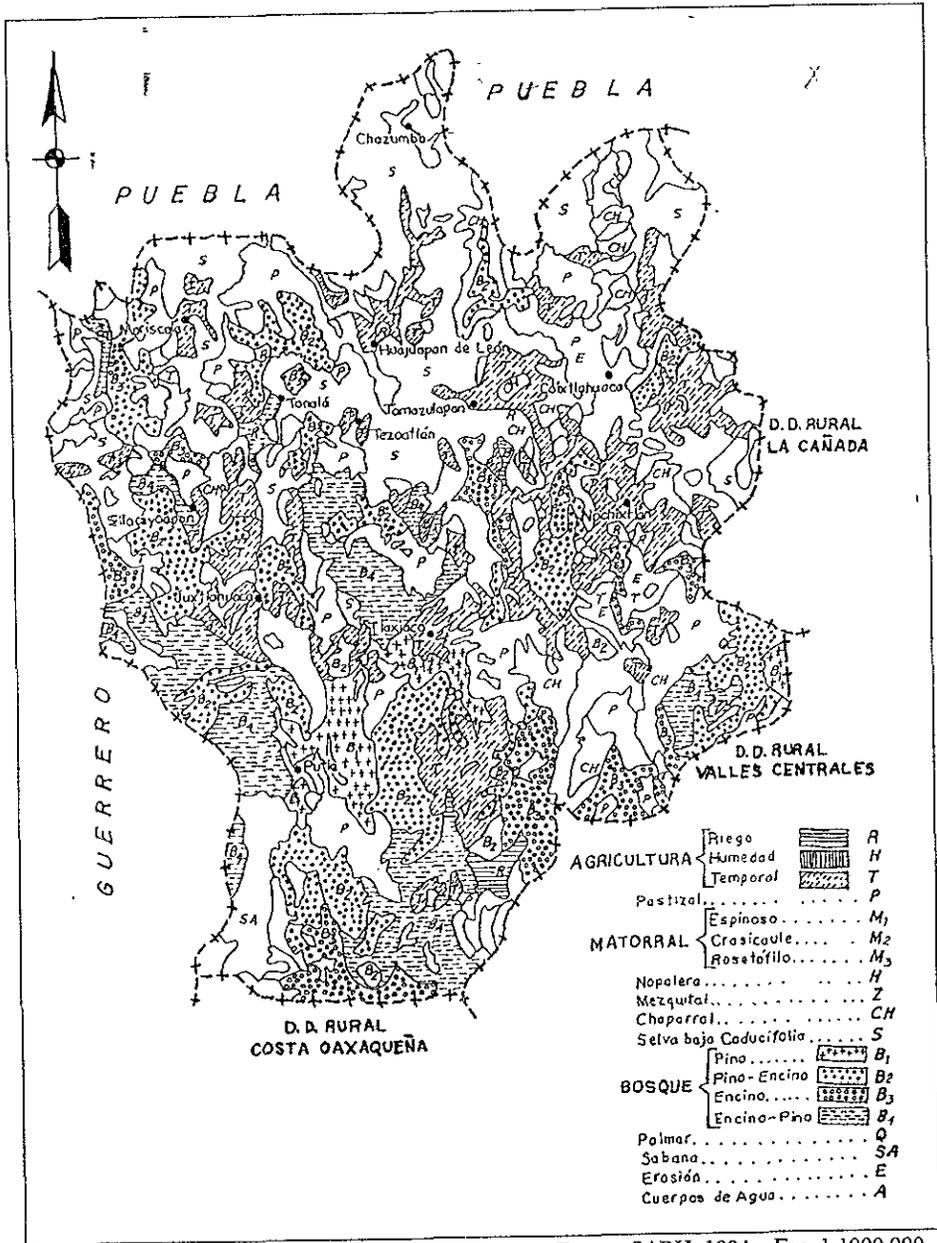
Tal es el caso del área en estudio donde predomina el pastizal inducido con elementos aislados de vegetación secundaria, hay también vegetación herbácea, con flora melífera, hierbas medicinales y cactáceas menores, luego de acabarse el basto bosque de encino que predominó en algún tiempo ahora la vegetación es propia para el pastoreo y ramoneo (INEGI *op. cit.*)

En áreas aledañas predomina el amate, guapinol, aguacatillo, linaloe, palma, tepehuaje huizache, ceiba, huamuchil, guaje, orégano y hormiguillo (SARH, 1994; INEGI, *op. cit.*).

5.8. Uso del suelo:

Las tierras agrícolas del distrito ocupan el 17.8% de su superficie total (17.1% de temporal y 0.7% de riego) (SARH, *op. cit.*) (figura 8).

La producción se ha incrementado durante los últimos años; el maíz es el producto principal porque ocupa la mayor superficie de cultivo, también se cultiva caña de azúcar, frijol, arroz, sorgo, trigo, ajonjolí, tabaco, algodón, alfalfa, y jitomate. Frutales como café, piña, melón, sandía, mango, guayaba, aguacate, naranja, limón agrio, papaya, y plátano (SARH *op. cit.*; Gob. del Edo. de Oax., 1988).



Fuente: SARH, 1994. Esc. 1:1000 000

Figura 8. Vegetación y Uso del suelo

5.8.1. Uso agrícola.

La base productiva de la región mixteca es la agricultura, misma que constituye la principal fuente de ocupación y generación de ingresos para la población rural ya que concentra el 81%, de la población económicamente activa, además desempeña una función importante en la producción de alimentos y se caracteriza por tener tres sistemas de aprovechamiento, agricultura de temporal, humedad residual y riego (SARH *op. cit.*).

Los datos estadísticos del distrito de la mixteca indican que 144 493 has. se dedican a la agricultura, de las cuáles 120 366 son de temporal, 10 229 de humedad residual y el resto son de riego. Se sitúan dentro de tres zonas agrícolas, que son: Mixteca alta, Mixteca baja y Mixteca de la costa. La zona en estudio pertenece a la Mixteca Alta formada por Huajuapán, Silcayoapan y Juxtahuaca; sus principales cultivos son: El maíz, frijol, asociación maíz-frijol, cultivos horticolas, cacahuete, ajonjolí, jamaica, sorgo y alfalfa; en frutales el aguacate, cítricos, mango, papaya, guayaba, ciruelo y pitayo (SARH, 1994).

5.8.2. Uso pecuario

La superficie disponible para la actividad ganadera en la región es de 690,129 has que representa el 35.2% de la superficie total del distrito. Esta actividad ocupa el segundo nivel de importancia después de la agricultura, de acuerdo al programa ganadero, la producción pecuaria en la mixteca en 1993 fue de 1'312 984 cabezas de ganado, distribuidas de la siguiente manera: Bovino 177 213, Porcino 61 236, Caprino 403 021, Ovino 133 233, Caballar 35 231 y Mular 3 121. En aves 466 642 en pie de cría, así mismo también es reelevante la actividad apícola con 14 303 colmenas (SARH, 1994; Gob. del Edo. de Oax., 1988).

Las áreas de agostadero se caracterizan por los pastos nativos de baja calidad bromatológica, en el área el ganado se encuentra completamente libre en el campo sin un adecuado sistema de manejo, lo cual propicia el sobrepastoreo (SARH *op. cit.*).

En lo relativo al destino de la producción caprina, esta se vende en pie principalmente en Tehuacán, Pue., y una mínima parte para el consumo local, por lo que respecta al ganado Bovino tanto de carne como de leche está ligada a las áreas agrícolas ya que son las únicas que pueden abastecer los granos y forrajes que exigen éste tipo de cría, así mismo son los que requieren mayor capital para su manejo, su comercialización es en pie a Tepeaca, Pue. y dentro de la misma región, para su uso de fuerza de tracción principalmente o para carne (SARH *op. cit.*).

Las explotaciones porcícolas y avícolas en la región se realizan a nivel familiar. Su explotación familiar no ha prosperado, debido a la competencia empresarial de las granjeras de Tehuacán lo cual hace difícil su desarrollo comercial en la región (SARH *op. cit.*)

5.8.3. Uso forestal

La superficie destinada al recurso forestal es de 431 048 has. en la cual se desarrollan diferentes tipos de vegetación que incluye desde plantas maderables y no maderables. Las no maderables son aprovechadas por los campesinos para sus necesidades domésticas; se incluye el área boscosa maderable de la mixteca Alta donde los predios están incorporados a la producción forestal gracias a las condiciones climáticas presentes (SARH, 1994).

6.1. Diseño Experimental:

Consiste en el planteamiento, arreglo y distribución de las unidades experimentales a partir de los factores de estudio, niveles de evaluación, y repeticiones; derivando el diseño experimental empleado en campo

Tabla 1. Factores de estudio:

Factor	Niveles
A: preparación del suelo	$a = 2 (a_1, a_2; i= 1...a)$
B: fertilización	$b = 3 (b_0, b_1, b_2; j= 0. b)$
C: abonado	$c = 3 (c_0, c_1, c_2; k= 0...c)$
Repeticiones	$n = 4$

Con base en la problemática de la zona y al carácter del estudio se empleó un diseño trifactorial (A, B y C), donde los factores fueron. A: laboreo del suelo (a_1 ; barbecho, a_2 ; cruza) B: dosis de fertilizantes b_0 ; 0(N)-0(P)-0(K), b_1 ; 90-60-00 y b_2 ; 120-90-00 kg/ha y C: dosis de abono c_0 , testigo absoluto c_1 , 10 ton/ha y c_2 ; 20 ton/ha) (tabla 1).

Los niveles dan $(2 \times 3 \times 3) = 18$ tratamientos por 4 repeticiones 72 unidades experimentales con un arreglo en parcelas sub-subdivididas y distribución en bloques al azar (tabla 2). El lote experimental tiene una superficie total de 1004.40 m², que incluye 2 parcelas "grandes" de 502.20 m² c/u, 6 parcelas "medianas" de 17.82 m² c/u y 72 parcelas "chicas" o unidades experimentales (u.e.) de 6.75 m² (figura 9). En las parcelas grandes se dispusieron los 2 métodos de preparación del suelo, en las parcelas medias los 3 niveles de fertilización y en las parcelas chicas los 3 niveles de abonado, lo que permite una mayor evaluación del último factor (figura 9).

Como fuente de N, se utilizó sulfato de amonio con 20.5 % de N, el P como superfosfato de calcio simple con 19.5 % de P_2O_5 y como abono estiercol de bovino. Estos factores en sus combinaciones de nivel dan tratamientos con distribución al azar en las u.e. de las cuáles se muestreó la parcela "útil" completa (surco central), con una área de 2.25 m². para evaluar el efecto directo en la planta de cada tratamiento.

Se manejaron 4 repeticiones (tabla 2) El número de repeticiones de las unidades experimentales que reciben idénticos tratamientos reducen, en general, el error experimental y, en consecuencia, aumentan la precisión del experimento"(Reyes, 1884).

Tabla 2. Distribución de tratamientos

Nun.	Preparación del suelo	Dosis de fertilizantes		Dosis de abono		Bloques			
		N (Kg / ha) P (Kg / ha)		(ton / ha)		I	II	III	IV
1	Cruza (a1)	(00-00-00) b0		(0) c0	7	9	7	7	
2				(10) c1	8	8	9	9	
3				(20) c2	9	7	8	8	
4		(90- 60-00) b1		(0) c0	5	6	4	5	
5				(10) c1	6	5	5	4	
6				(20) c2	4	4	6	6	
7		(120-90-00) b2		(0) c0	3	3	1	1	
8				(10) c1	2	1	2	3	
9				(20) c2	1	2	3	2	
10	Barbecho (a2)	(00-00-00) b0		(0) c0	14	15	13	14	
11				(10) c1	15	13	15	15	
12				(20) c2	13	14	14	13	
13		(90-60-00) b1		(0) c0	16	18	17	16	
14				(10) c1	18	17	18	17	
15				(20) c2	17	16	16	18	
16		(120-90-00) b2		(0) c0	11	10	10	10	
17				(10) c1	10	11	12	11	
18				(20) c2	12	12	11	12	

Superficie total: 1004.40 m²

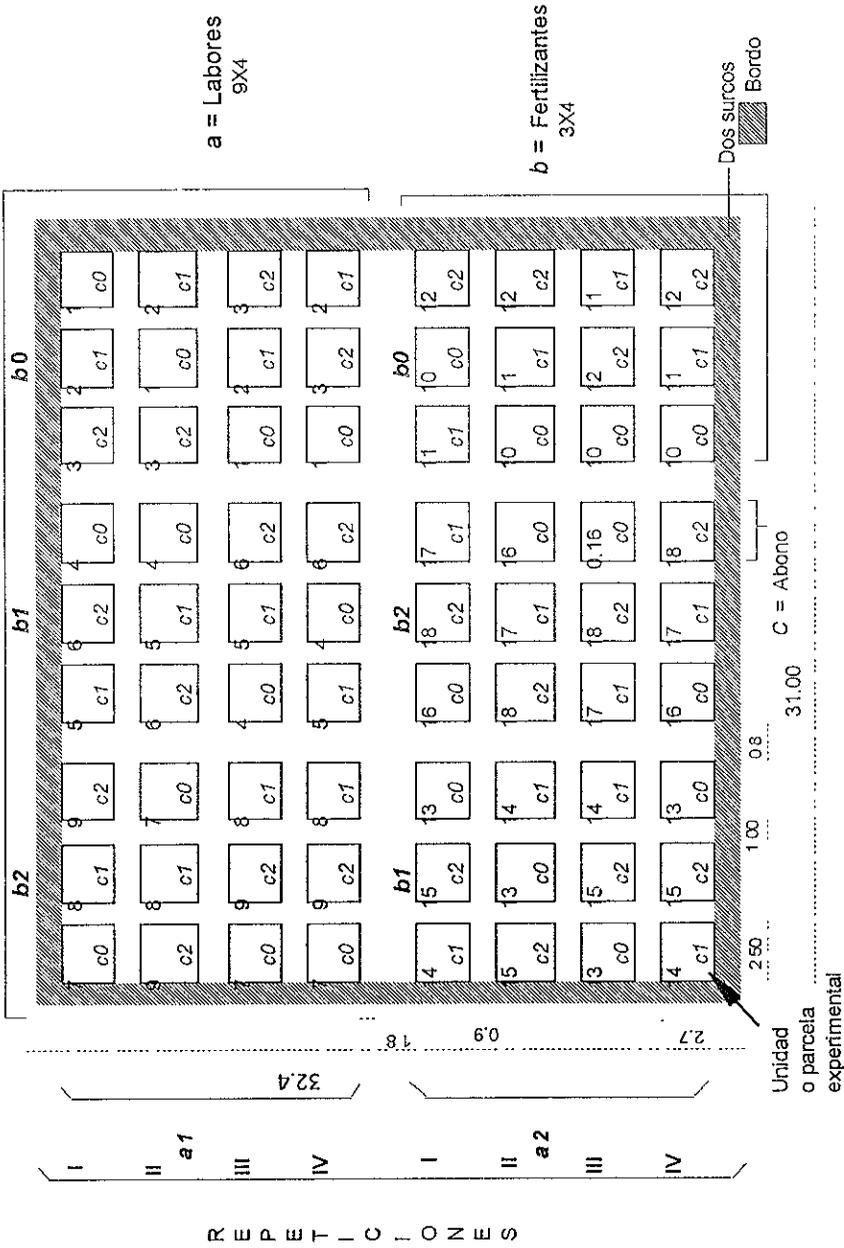
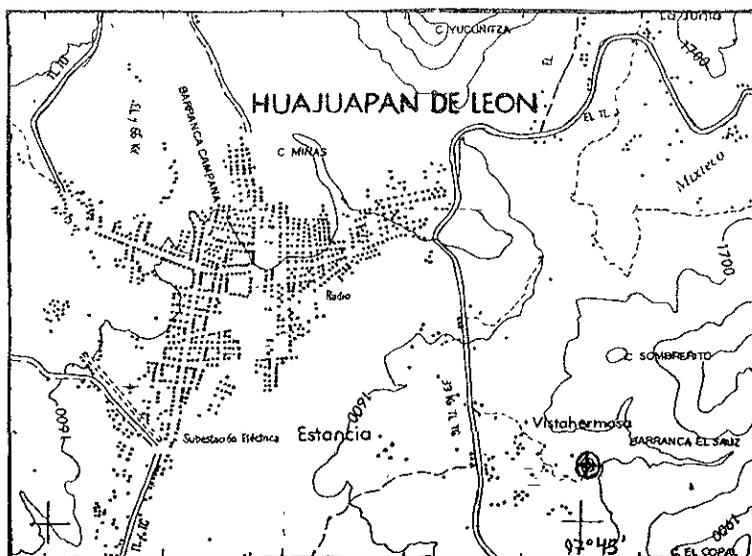


Figura 9. Diseño experimental.

6.2. Trabajo en Campo:

6.2.1. Localización del lote experimental.

Previo a esto se realizó un recorrido por la zona para finalmente trabajar en un suelo con un alto grado de erosión, pendientes ligeras, con una capa arable no mayor de 30 cm., alejado de las zonas de pastoreo y ruta accesible (figura 11). El experimento se estableció en el Rancho Vistahermosa que se encuentra en el Km 318 de la Carretera Federal a Oaxaca, al N del rancho sigue un camino de terracería y a 1 Km. se localiza el lote experimental con ubicación en los $97^{\circ}45'$ longitud W y a $17^{\circ}48'$ latitud N, colinda al N con el cerro el mogotito, al S con un predio, al E con una barranca y al W con el panteón municipal (figura 10). Se ubica a 1700 msnm con características acordes a los objetivos para un estudio de temporal por lo que se procedió al muestreo del suelo.



Fuente: INEGI, 1984 Esc: 1:50 000

Figura 10. Localización del lote experimental 

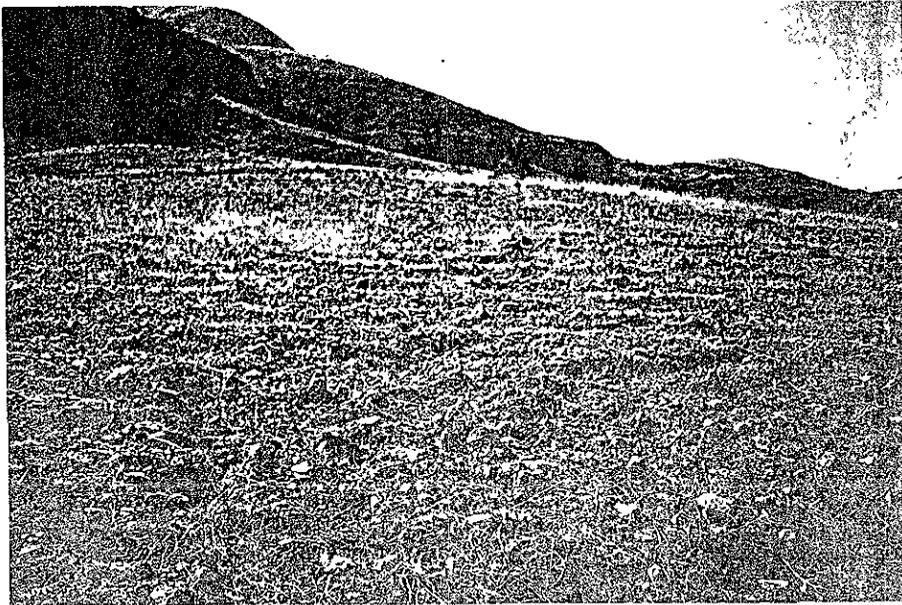


Figura 11. Panorámica del lugar

6.2.2. Muestreo de pozos de fertilidad.

Las muestras se obtuvieron de 0 a 30 cm. de profundidad por la presencia de una capa endurecida. En consecuencia los procedimientos del muestreo se basan en la problemática de la zona, el cual se llevó a cabo antes de la preparación del terreno y antes de las lluvias. Se seleccionaron los sitios de muestreo en base a las proporciones del terreno y a las características de éste (figura 12).

Se trazaron 3 zonas, la muestra 1 comprende el terreno elevado, la muestra 2 representa la zona media y la muestra 3 representa al terreno bajo.

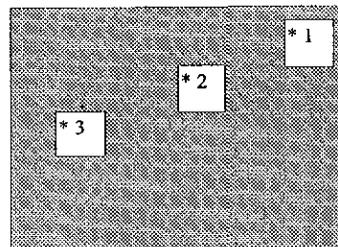


Figura 12. Puntos de muestreo.

En cada punto se excavo un pozo de fertilidad de 50 X 50 cm. de ancho a una profundidad de 30 cm. Se muestreó cada 10 cm. recolectando 1 kg. en bolsas de polietileno debidamente etiquetadas con un registro del lugar del muestreo y características anexas (figura 13).



Figura 13. Muestreo del suelo

Cada muestra se puso a secar al sol, una vez secas se molieron y tamizaron (malla 2mm.), de estas se formó una muestra compuesta mezclando perfectamente el suelo de la misma profundidad de los tres pozos para posteriormente analizarlas en laboratorio y obtener resultados de sus análisis físicos y químicos (tabla 3).

6.2.3.Preparación de los abonos.

6.2.3.1.Abono Orgánico

Se buscó un estiércol oreado del cual se llenaron 30 costales y nuevamente se extendió con la pala para terminar de secarlo, removiéndolo periódicamente hasta tener un punto óptimo de

aplicación ya que el estiércol natural contiene 60% o más de humedad y es difícil de manipular, mientras que el material desecado es fácilmente manipulable sobre todo para fines cuantitativos. Una vez homogeneizado se procedió a pesar las cantidades señaladas para cada tratamiento (figura 13).



Figura 14. Preparación del abono orgánico

6.2.3.2. Abono mineral

Se utilizó sulfato de amonio con 20.5% de N y superfosfato de calcio simple con 19.5 % de P_2O_5 se pesaron las dosis requeridas por unidad experimental (figura 15). Ambos fertilizantes de igual dosis se homogeneizaron perfectamente en bolsas de polietileno, listos para ser aplicados por corte de forma conjunta.

6.2.4. Densidad y Preparación de la semilla.

Tomando en cuenta el porcentaje de germinación, el tamaño de la unidad experimental, la disponibilidad del agua durante el cultivo, la fertilidad y labores del suelo así como la respuesta de *Sorghum alnum* a diferentes densidades de población; se manejó una densidad de 15 kg/ha mas un 10 % por viabilidad de la semilla que equivale a 11.14 g por unidad experimental, pesados en balanza granataria y colocados en bolsas de papel para no crear humedad (figura 15). Estas semillas presentaron un 90 % de germinación determinado en laboratorio, limpias, excentas de malas hierbas y sin vestigios de contaminaciones fungosas.



Figura 15. Peso de semilla y fertilizante

6.2.5. Preparación del terreno.

6.2.5.1. Barbecho

Esta condición corresponde al tratamiento con una sola labor de barbecho antes de la siembra y la rastra que es lo común en la preparación del terreno, realizada en una parcela grande dentro de nuestro diseño experimental (figura 9). En la porción media de menor pendiente en el

terreno. Esta labor consiste en dejar el suelo arado sin cultivo, se llevó a cabo la 2da. quincena de mayo para esperar las primeras lluvias con tracción animal, además se deshierbó y se quitaron las piedras mas grandes (figura 16).



Figura 16. Barbecho con tracción animal

6.2.5.2 Cruza

Ante la problemática de suelos pobres, erosionados, con afloramiento de capas endurecidas en algunos casos y en el mejor de éstos, con una ligera capa arable; se manejó una cruz de barbecho como labor de enmienda para obtener por la acción mecánica suelos más profundos.

Esta labor difiere de la anterior al ser perpendicular a la primera y a que a los implementos se les colocó peso para abrir mas abajo, aunque no se evaluó la profundidad de la labor el barbecho cruzado se incluye como otra labor de preparación del suelo, que corresponde a la parcela grande de mayor pendiente y erosión.

Se midió su efecto en base a los resultados de los componentes de rendimiento del sorgo. Aunque tomando en consideración que la capa endurecida esta bajo los 30 cm., que es un terreno pedregoso, descansado un temporal y que los implementos no son adecuados, la penetración por debajo de estos es somera, lo que se discute mas adelante.

A pesar de lo anterior, se consideró que el hecho de manejar un barbecho cruzado antes de la siembra para continuar con la rastra, implica ya una labor diferente a la tradicional

6.2.5.3.Rastreo

Dicha labor se realizó con una pasada luego de iniciadas las primeras lluvias cuando el suelo se oreó al interrumpirse el temporal. Con yunta en todo el lote experimental.

6.2.5.4.Surcado

El surcado se realizó con yunta por hilera a una distancia entre surco y surco de 90 cm., con un total de 40 incluyendo; 24 para el cultivo, 2 en bordos y calles, 1 entre las unidades experimentales y los 3 restantes como surcos de orilla (figura 9).

6.2.5.5 Aporque

También llamado "paro de toma" labor que se realizó junto con la primera fertilización (1era quincena de agosto), ya que al abrir los bordos se cubrió el fertilizante en la base de las plantas cuando estas median 15 cm. con el suelo húmedo.

6.2.6.Marcado de lotes y parcelas.

Se inició midiendo el área y estacando las esquinas del lote experimental, después de surcar se localizaron las parcelas grandes y las parcelas medianas, se determinaron las parcelas chicas o unidades experimentales delimitando con mecate en zig-zag por repetición simultáneas

con la siembra y el abonado orgánico (figura 17). Finalmente se localizaron los pasillos, los bordos y los surcos de orilla variables en tamaño según su ubicación (figura 9).



Figura 17. Marcado de las unidades experimentales

6.2.7. Siembra.

6.2.7.1. Fecha de siembra

La siembra correspondió al 17 de Junio de 1994, aún cuando las primeras lluvias se registraron a principios del mes, el temporal se estableció a mediados de éste y para poder preparar el terreno se esperó a que se interrumpieran las lluvias ya que el suelo de la zona es muy pesado dificultando el aboreo.

6.2.7.2.Método de siembra

Se sembró a "chorrillo" soltando las semillas a todo lo largo del cachete del surco lo más homogéneo posible, tapándolas a "tierra avenida", referido a cubrirlas con suelo a una profundidad de 1 a 3 cm., realizando ésta operación con un bieldo.

La siembra y el abonado orgánico se hicieron a la par por repetición, es decir hasta concluir todas las unidades experimentales de una repetición se inició con otra



Figura 18. Siembra y abonado

Una vez emergidas las plantas a los 15 días se realizó un aclareo muy ligero en las zonas con alta densidad, y una resiembra en el caso de pérdidas por arrastre del agua en aguaceros intensos.

6.2.8. Abonado.

6.2.8.1. Abonado orgánico

El abono orgánico se aplicó en su totalidad al momento de la siembra colocándolo a un costado del surco, bajo la semilla a 10 cm. de profundidad tapado con un biello para protegerlo del sol (figura 18).

Se aplicó 7.02 y 14.05 kg equivalente a 10 y 20 t/ha respectivamente, por unidad experimental según correspondiera (figura 9). El abono no estaba descompuesto pero si bastante oreado al momento de su aplicación.

6.2.8.2. Abonado mineral

La fertilización se llevó a cabo en dos aplicaciones, la dosis correspondiente de la mezcla de fertilizantes se partió en 2, un 50 % se aplicó en el primer corte y el 50 % restante en el segundo.

La primera aplicación se realizó el 1 de agosto cuando el cultivo presentó 15 cm. de altura en promedio con un suelo húmedo durante el "aporque", a chorrillo en el fondo del surco 524.55 g. y 735.35 g. que equivalen a las dosis de fertilización: 90-60-00 y 120-90-00 kg/ha respectivamente por unidad experimental de acuerdo al diseño experimental (figura 19).

La segunda aplicación se realizó después de la primera cosecha el día 11 de septiembre tapando el resto del fertilizante con biello a 5 cm. de la hilera de plantas para no quemarlas en suelo húmedo.



Figura 19. Aplicación de la 1ª dosis de fertilización

6.2.9. Cosecha.

El ciclo de vida de *Sorghum almum* es perenne, por lo que es difícil de remover del suelo debido al sistema radical bien desarrollado, característica que permite un nuevo desarrollo vegetativo después de cada corte, de ahí que lo llamen sorgo de los “cinco años”, por tanto, para permitir éste patrón de desarrollo se cortó la planta con una hoz arriba de 10 cm. de la base de la planta (Figura 20).



Figura 20. Cosecha

Cuando el 90% del cultivo presentó floración se inició la cosecha con el primer corte el día 9 de septiembre a tres meses de la siembra, y el segundo y último corte se realizó el día 12 de noviembre a dos meses de diferencia del primer corte, con una producción menor pero significativa.

Después del primer corte el crecimiento de los brotes fué rápido ya que la planta estaba bien establecida con formación de rizomas y raíces, se cosechó por unidad experimental pero, únicamente el surco central se pesó al momento del corte para obtener el rendimiento de forraje fresco y posteriormente otros componentes de rendimiento siguiendo el mismo procedimiento con todos los tratamientos.

6.2.10. Recolecta y pretratamiento al material vegetal.

A partir de la cosecha el manejo y almacenamiento del material vegetal recolectado se basa en la naturaleza de la planta de la cual se escogió una muestra completa de plantas sanas, vivas y representativas de de aproximadamente 150 g.

Cada muestra luego de pesarla para obtener el peso fresco se guardó en bolsas de papel etiquetadas para seguir con el secado; el cual se hizo al sol hasta registrar un peso seco constante y obtener el porcentaje de humedad.

Posteriormente se procedió al molido de la planta completa con tallo, hojas y espigas en molino de mano con varias pasadas hasta obtener un molido fino, que se colocó en bolsas de papel de un cuarto de kilo previamente etiquetadas, a partir de aquí se tomó la muestra necesaria por cuarteado para su digestión en base a la técnica de laboratorio para nitrógeno total microckjeldahl y obtener la proteína cruda y su rendimiento.

6.3.Trabajo en Laboratorio:

6.3.1.Análisis de suelo.

6.3.1.1.Físicos

1.El Color del suelo se obtuvo por comparación con las tablas de color Munsell (1977) las cuáles permiten unificar la denominación del color, se realizó en seco y en húmedo.

2.La Densidad Aparente (D.A.) se realizó por medio de la probeta de Baver (1991) y Reyes (1996).

3 La densidad de las partículas del suelo o densidad real (D.R.), se determinó por el método del picnómetro (Brady, 1974; Reyes *op. cit.*).

4.La textura en un primer momento se realizó por medio del hidrómetro de Bouyoucus (1963) corregido por Villegas (1978), pero la naturaleza de los suelos analizados requirió de un análisis mas fino para cuantificar los separados inorgánicos del suelo según sus diámetros; por lo que se determinó por la pipeta de Day (1965).

6.3.1.2.Químicos

1.Para determinar el pH del suelo se utilizó un potenciómetro Metrohm Herisau Modelo E588 bajo una relación 1:2.5 de suelo-agua.

2 En la cuantificación del Carbono Orgánico (%C) de la Materia Orgánica (%M.O.), se utilizó la técnica desarrollada por Walkley y Black, modificada por Walkley (1947) citado por Jackson (1976). Esta es un procedimiento indirecto por medio del cual se determina el C de la M.O., por ser un elemento relativamente constante en ella.

3. La determinación química de la Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.) del suelo se llevó a cabo por el método para suelos calcáreos; debido a que los suelos del área en estudio presentan reacción alcalina (Jackson, 1976).

4. Para calcular la concentración de las bases intercambiables: Ca^{++} , Mg^{++} , K^{+} y Na^{+} , se utilizó el método del Versenato EDTA para suelos alcalinos. La extracción de estos cationes intercambiables del suelo se realizó mediante acetato de amonio 1N (NH_4Oac); la determinación se llevó a cabo por medio de un análisis volumétrico, titulando con versenato de sodio (EDTA) (Jackson, 1976).

5. A partir del extracto obtenido con la solución de acetato de amonio 1N a pH 8.2 (Jackson *op cit*), se determinó la concentración de Na^{+} y K^{+} , midiéndola por medio de un flamómetro Corning 400.

6. La determinación de fósforo asimilable se realizó por el método de Olsen (1954), recomendado para suelos alcalinos y calizos citado por Grande (1974).

6.3.2. Resultados.

Pozo de fertilidad del Rancho Vista hermosa en Huajuapán de León, Oax.

Profundidad: 30 cm.

Recolecta: 15 de Abril de 1994.

Los datos de los análisis físicos y químicos del suelo constituyen un apoyo en la discusión de resultados, por lo que se incluyen en la tabla 3 y a continuación se interpretan:

Tabla 3. Resultados físicos y químicos del suelo

PROF. (Cm)	COLOR		D.A. (g/cc)	D.R. (g/cc)	Textura(%)			Denominación textural
	Seco	Húmedo			Arena	Limo	Arcilla	
0 - 10	5YR5/4 pardo rojizo	5YR4/4	1.25	2.54	10	40	50	arcilla limosa
10 - 20	5YR5/3 pardo rojizo	5YR4/4	1.23	2.45	10	40	50	arcilla limosa
20 - 30	5YR5/3 pardo rojizo	5YR4/4	1.22	2.53	10	40	50	arcilla limosa

pH H ₂ O 1:2.5	M.O.(%)	Ca (meq / 100 g)	Mg (meq / 100g)	Na	K	C.I.C.T. (meq/100g)	P asim. (ppm)
8.55	0.48	16.5	31.0	0.87	0.77	49.56	26
8.70	0.32	14.0	29.0	0.96	0.77	52.17	18

El color es pardo rojizo en todas las profundidades el cual es inferido por la presencia de óxidos férricos con grados variables de hidratación lo que le confiere tonalidades de amarillas a rojas características en la zona.

La Densidad Aparente (D.A.) varía de 1.25, 1.23 a 1.22 g/cm³ es decir disminuye conforme aumenta la profundidad aún así es un suelo mineral ya que la D.A. es mayor que la unidad

La Densidad Real (D.R.) también tiende a disminuir con la profundidad varía de 2.54 a 2.45 y después aumenta a 2.53 g/cm³, que corroboran su composición mineral (SARH, 1988).

La porosidad del suelo es alta ya que la textura así lo definió con valores que van de 51, 50 y 52 % en lo mas profundo, por lo que el movimiento del aire y del agua es lento debido a la gran cantidad de microporos.

La textura del suelo conforme a las proporciones del tamaño de sus partículas corresponde a la denominación textural arcilla limosa ya que su granulometría reporta 50 % de arcillas, 40 % de limos y sólo un 10 % de arenas.

Conocer la composición textural es importante ya que, aunque no se determinaron de antemano se sabe que la arcilla es un constituyente fundamental que influye determinadamente en la mayoría de las propiedades químicas, físicas o biológicas del suelo, por lo que un porcentaje de arcilla tan alto influye directamente sobre el comportamiento del mismo (Besoain, 1985). En las propiedades físicas del suelo la arcilla influye sobre la granulometría, retención de humedad, conductividad hidráulica, succión de agua, grado de infiltración, temperatura, conductividad térmica, punto de adherencia etc. Respecto a las propiedades químicas la arcilla influye de forma importante sobre la capacidad de intercambio de iones, reacción del suelo, poder tampón, fijación y disponibilidad de nutrimentos para las plantas. Morfológicamente, la arcilla actúa en el desarrollo del perfil a través de los movimientos de eluviación e iluviación (Besoain, 1985).

Generalmente la arcilla de suelos contiene una apreciable cantidad de material asociado no arcilloso, especialmente óxidos de hierro y aluminio cristalinos o amorfos, óxidos de titanio y otros.

Tales sustancias suelen disponerse como películas concéntricas alrededor de un núcleo de arcilla, modificando sensiblemente sus propiedades (Basoain *op. cit.*).

La destrucción de estas sustancias mediante tratamientos mas o menos drásticos son numerosas para este caso la eliminación de óxidos de Fe por reducción-quelación se realizó mediante el sistema ditionito-citrato-bicarbonato por el Método de Mehra y Jackson, aunado a previos lavados con KOH. Con el fin de eliminar otros cementantes como carbonatos se hicieron lavados con NaNH_4 (Day, 1965).

Como se mencionó antes el área en estudio de acuerdo a su textura, es rica en material arcilloso altamente expandible (del tipo 2:1) que le confiere al suelo mayor agregación de partículas; fuerte adhesividad y plasticidad que ocasiona laboreos difíciles y agrietamiento cuando se seca (Baver *et al*, 1991). Por lo que es recomendable su laboreo cuando el contenido de humedad es bajo, así como la adición de materia orgánica (M.O.).

Por todo lo anterior se recomienda un laboreo cuando el suelo tenga un contenido de humedad bajo ya que el nivel de infiltración es lento, así como la adición de M.O; ya que en suelos arcillosos tiende a reducir la adhesividad y labores agrícolas son menos difíciles; además mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo ya que aumenta la porosidad y mejora la estructura del mismo. También ayuda a mejorar el pH, es decir favorece la acidez del suelo.

El pH del suelo es una de las cuálidades más indicativas de sus propiedades, los valores del pH encontrados en el suelo estudiado van en aumento de 8.30 a 8.55 hasta 8.70 en los 30 cm. de profundidad, en los dos primeros casos se clasifican como moderadamente alcalino y alcalino en el último caso según Moreno (1978). Lo que refleja la presencia de sales solubles que se pueden acumular en forma natural, fenómeno que se ve favorecido en esta área así como en regiones áridas (Reyes, 1996).

En cuanto a contenido de M.O. es bajo a tal punto que son clasificados según Moreno (1978) dentro de la clase extremadamente pobre en base a un porcentaje menor a 0.60 esto se cumple

para este suelo donde sus porcentajes varían de 0.40, 0.48 a 0.32 a medida que se profundiza, no dejando de ser ésta incipiente.

La pobreza de M.O. puede ser resultado de la desmedida deforestación de la cobertura vegetal, el sobrepastoreo, prácticas agrícolas mal encaminadas, el clima, el relieve y las características propias del suelo, que reducen su fertilidad, favorecen la erosión y dificultan su rehabilitación.

El Ca^{++} intercambiable disminuye de 17.5, 16.5 a 14.0 meq/100g con la profundidad y para el ión Mg^{++} los valores obtenidos son 25.7, 31.0 y 29.0, esto hace una relación Ca/Mg inversa para la generalidad de los suelos, es decir el Mg^{++} es mayor al Ca^{++} , probablemente porque éste ión es abundante en el material parental del suelo.

Según Etchevers *et al* (1971) los valores del Ca^{++} son altos, este elemento es importante ya que interviene en la asimilación de otros elementos, además es un elemento inmóvil y en altas concentraciones forman horizontes cálcicos apreciables en la zona.

Aunque no se cuantificaron carbonatos se verificó su presencia en el laboratorio con HCl al 10 %, esto coincide con los valores altos de pH y con el momento del muestreo; antes de las primeras lluvias que sobrevienen al temporal ya que otra propiedad de los carbonatos en especial el de calcio, es que son las primeras sustancias que se empiezan a acumular a medida que el clima se vuelve árido, pero, así también se disuelven con relativa facilidad en agua y por tanto se pierden o son distribuidos con rapidéz en el suelo durante las lluvias.

El ión Na^{+} intercambiable es interpretado según Etchevers *et al* (1971) y Moreno (1978) en clase muy baja, con valores de 0.695, 0.869 y 0.956 meq/100g., que van en aumento al ir profundizando, esto señala una ligera acumulación del ión por falta de humedad.

Si bien los valores de éste catión son bajos, aún así tienen relación con el pH que coincide con su máximo valor de 8.70 en la profundidad 20-30, probablemente esté acumulado en forma de carbonato o bicarbonato de sodio.

El contenido del ión K^+ es contrario al ión Na^+ , sus valores según Etchevers *et al* (1971) y Moreno (1978) corresponden a la clase alta y van disminuyendo conforme se profundiza de 0.97, y 0.769 en los centímetros de 20 a 30.

El contenido de K^+ en los suelos esta relacionado con la presencia y la meteorización de feldespatos y micas en los materiales parentales. En los suelos minerales, la mayor cantidad de potasio se encuentra asociada con silicatos en los feldespatos (ortosa u ortoclasa), en las micas (muscovita, leucita y biotita) y en los minerales arcillosos (illita, vermiculita y glauconita), (Reyes 1996).

Igualmente el fósforo en su estado asimilable tiene un pico de concentración con 26 ppm de 10 a 20 cm, con 20 y 18 ppm de 0-10 y 20-30 cm. respectivamente, Moreno (1978) señala que el primer valor es de un suelo rico en fósforo y medianamente rico con los valores siguientes.

La retención de fosforo se presenta en mayor o menor grado en todos los suelos agrícolas pero existen algunos en los que éste fenómeno se manifiesta en forma extrema, tal es el caso de los suelos ricos en materiales amorfos de aluminio como algunos andisoles; de los suelos con un alto contenido de carbonato de calcio presentes en diversas regiones de México y en los suelos constituidos principalmente de óxidos de fierro y aluminio (Aguila *et al*, 1987).

En la zona en estudio la aplicación de fertilizantes fosfatados no es periódica pero si llegan a emplearse irregularmente, sin embargo los valores altos de fósforo en el suelo suponen que tiene una elevada capacidad de adsorción y que los excesos fueron acumulados de aplicaciones anteriores al estudio, quedando como reservas útiles para cultivos subsecuentes.

Los fosfatos ($PO_4^{=}$) suelen acumularse cuando se fertiliza de modo constante e irregular, por otra parte, el exceso de fosfatos reduce la solubilidad y el aprovechamiento del fierro.

Sin embargo para fines de evaluación del rendimiento de forraje es necesaria la aplicación de dosis de fertilizante cuantificado, práctica inecesaria para fines de autoconsumo ya que este

elemento es un "indicador del estado nutricional del suelo" (Aguilar, 1987) y es abundante en la zona.

6.3.3. Análisis del material vegetal.

6.3.3.1. Químicos

Estos se realizaron en base al análisis de Nitrógeno Total. Los procedimientos de determinación de nitrógeno en suelo y planta tienen como base principios semejantes: Extracción y Determinación.

La extracción para la determinación de nitrógeno total se realiza por vía húmeda. Esta consiste en destruir la matriz orgánica, oxidándola con ácido sulfúrico y una mezcla catalizadora que además de extraer el elemento de los compuestos orgánicos e inorgánicos que lo contienen, lo "fija" como $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ debido al exceso de sulfatos agregados en la mezcla digestora.

Esto se realizó por el método microkjeldahl (Sosa, 1981), la determinación de nitrógeno orgánico y amoniacal por éste método involucra dos etapas fundamentales: digestión de la muestra para convertir el nitrógeno orgánico a formas amoniacales y la destilación de la muestra digerida, entonces el amonio convertido durante la digestión se determina por titulación por arraste de vapor.

Para la estimación de la Proteína Cruda (P.C.) a partir del contenido de nitrógeno, partimos de que se ha encontrado que el contenido de nitrógeno de las proteínas vegetales es en promedio 16 %; ésto significa que cada unidad de nitrógeno está contenida en 6.25 unidades de proteína (factor del nitrógeno), de acuerdo con Sosa (1981) al multiplicar el contenido de nitrógeno por este factor, se parte de la suposición de que todo el nitrógeno proviene de proteínas, lo cuál por lo general no sucede puesto que pueden estar presentes sustancias nitrogenadas no proteicas, cuyo nitrógeno es reducido a $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ por el método de Kjeldahl. Razón por la cuál al resultado obtenido se le llama Proteína Cruda (P.C.).

6.4. Análisis Estadístico:

Una vez realizados los análisis químicos en el material vegetal se ajustaron los valores de parcela útil a unidad experimental y se calculó el peso seco, el peso fresco, el porcentaje de humedad del forraje fresco y el porcentaje de materia seca, el contenido y rendimiento de proteína cruda en Kg/p.u. y su equivalente en ton/ha en cada caso, con su reporte por corte y total anual.

Posteriormente se realizó el tratamiento estadístico en base a los parámetros establecidos de análisis de Varianza y Prueba de Tukey por el paquete mstat del CYMIT. Para la interpretación del efecto de los tratamientos en las variables de respuesta de *S. alnum* se empleó el método del análisis de varianza para separarlas de la variación total observada y discutir las diferentes causas o factores de variación. Para determinar el grado del efecto, con los datos del análisis de varianza se realizó la prueba de la significancia de las diferencias o las comparaciones entre las medias de los tratamientos por el método de Tukey (Reyes, 1984).

7.1. Componentes de Rendimiento:

A continuación se analizan los resultados de cada uno de los componentes de rendimiento de *Sorghum almum* Parodi por corte y rendimiento anual. Los tratamientos se reportan como: (forma de laboreo del suelo, dosis de fertilización, dosis de abonado); a1(cruza), a2(barbecho), b0(testigo), b1(90-60-00), b2(120-90-00), c0(testigo), c1(10 ton/ha) y c2(20 ton/ha); tabla 2.

7.1.2. Producción de forraje fresco.

7.1.2.1. Peso fresco 1^{er} corte

El análisis de varianza en este corte detectó efecto altamente significativo en los tratamientos con fertilización, abono y mixto, mientras que la preparación del terreno no fué significativo (Anexo, tabla 16).

Los valores de forraje verde con la prueba de Tukey muestran un arreglo en cinco grupos o niveles donde los valores dentro de cada grupo son estadísticamente iguales pero los grupos son diferentes entre sí (tabla 6).

La mayor producción de forraje fresco corresponde a los tratamientos a1b1c2(cruza, 90-60-00, 20 ton/ha), a1b2c1(cruza, 120-90-00, 10 ton/ha), a1b2c2(cruza, 120-90-00, 20 ton/ha) y a2b2c2(barbecho, 120-90-00, 20 ton/ha) que caen en el primer grupo con un rendimiento por parcela útil (p.u.) de 3.382, 3.356, 3.315 y 3.261 kg /p.u. respectivamente lo que equivale a 15.03, 14.92, 14.73 y 14.49 ton/ha (tabla 4).

Estos tratamientos corresponden a un abonado mixto, los 2 primeros superan los valores de los 2 segundos aún cuando estos últimos tienen los niveles altos de ambos abonos, esto sugiere que los primeros resultaron mejor probablemente porque la interacción entre dosis altas es negativa disminuyendo ligeramente el rendimiento. En general el rendimiento y calidad de forraje que se obtiene de los sorgos varía debido a varios factores que lo afectan (González, 1990)

Esta prueba manifiesta que la preparación del terreno no crea diferencias significativas es decir presenta un efecto paralelo a la producción de forraje mientras que las diferencias evidentes se dan entre los tratamientos con abonado de algún tipo, por lo que no es independiente la producción de forraje fresco del abonado es decir dicha producción está relacionada o depende de la combinación y nivel de aplicación de éstos.

Las plantas representativas de los tratamientos con barbecho, dosis alta de fertilizante y las tres dosis de abono (a2b2c0, a2b2c1 y a2b2c2), tuvieron mayor altura, tallo mas ancho, mayor número de hojas color verde obscuro y raíz mas grande en el tratamiento a2b2c2 (barbecho, 120-90-00, 20 ton/ha).

La menor producción se dió en los testigos a2b0c0 y a1b0bc0 con 0.366 y 0.351 kg/p.u. en c/u , ambos del último nivel con menor altura, poco desarrollo radical, tallo delgado y menor número de hojas color verde claro con ataque de roya en algunos individuos. La reducción en la producción se debe a la ausencia de abono que marca la diferencia con aquellos que sí lo recibieron, sobre todo porque el testigo crece en un suelo de fertilidad escasa.

Los tratamientos de los niveles restantes se agrupan dentro de la media de producción con un comportamiento similar excepto los 2 últimos tratamientos del segundo nivel a2b2c1(barbecho, 120-90-00, 10 ton/ha) y a2b1c2(barbecho, 90-60-00, 20 ton/ha), que registraron una producción de 2 700 y 2.640 kg/p.u., equivalente a 12 y 11.73 ton/ha respectivamente, igualmente los 2 primeros tratamientos del tercer estrato a1b0c2(cruza, 0-0-0, 20 ton/ha) y a2b0c2(barbecho, 0-0-0, 20 ton/ha) forman un bloque independiente con una producción de 1.528 y 1.355 kg/p.u. equivalentes a 6.79 y 6.02 ton/ha respectivamente.

7.1.2.2. Peso fresco 2° corte

El análisis de varianza refleja en este corte a diferencia del primero un efecto altamente significativo con el tipo de laboreo y por supuesto con el abonado pero en forma aislada es decir, todos los factores muestran relación con la producción por separado (Anexo, tabla 16).

La prueba de Tukey ordena diez niveles (tabla 6), donde el mayor rendimiento obtenido es de 9.53 ton/ha con el tratamiento a2b2c2(barbecho, 120-90-00, 20 ton/ha) que es el primer tratamiento diferenciable del primer nivel, nuevamente las dosis altas de abonado señalan un fuerte efecto en la producción. Dicha producción corresponde al tratamiento con labor de barbecho, evidenciando que se puede prescindir de la cruzo como labor de enmienda para elevar la producción gracias al trabajo mecánico propio del vegetal durante su desarrollo que le permita un mejor establecimiento y no así del abonado ya que el orgánico guarda humedad y el mineral es mejor asimilado.

La menor productividad se registró en los tratamientos a2b0c0 y a1b0c0 con 2.14 y 1.24 ton/ha de cada testigo respectivamente. Los tratamientos agrupados en los niveles intermedios de producción son estadísticamente iguales entre sí ya que no definen un efecto específico o tendencia.

7.1.2.3. Rendimiento anual

Con el análisis de varianza se observa un efecto altamente significativo (Anexo, tabla 16), para los factores de abonado mineral, orgánico y mixto, y un efecto significativo en la relación laboreo-abono orgánico, así como en la interacción de los tres factores y no significativo en la relación laboreo-fertilización.

El rendimiento anual bajo la prueba de Tukey se ordenó en 7 niveles (tabla 6) el primero con 4 tratamientos y a su vez el primero de éstos es el tratamiento a1b1c2(cruza, 90-60-00, 20 ton/ha) que alcanzó la máxima producción total con 5.480 kg/p.u. que equivale a 24.356 ton/ha. Esta producción es estadísticamente superior a los demás valores aún cuando la aplicación simultánea de ambos abonos no fué en dosis altas para ambos casos; tal vez porque esa interacción de los 3 factores considerados fué la mejor, o bien pone de manifiesto el hecho importante de que la insuficiencia de un solo elemento esencial afecta la producción, aunque los demás elementos se encuentren en cantidades suficientes en el caso de las dosis altas de abonado, por lo que no se puede aumentar indefinidamente los rendimientos aumentando las dosis de abono, ya que el rendimiento depende no solo del complejo suelo-clima, sino también de las técnicas de laboreo, de los precios respectivos de abonos y productos agrícolas.

Concierne también a todos los restantes factores de crecimiento que pueden llegar a limitar los rendimientos. Si se considera el desarrollo vegetal como la interacción de los fenómenos de crecimiento y diferenciación celular que además es continuo y que al considerar la inmovilidad de las plantas en el suelo trae como consecuencia que éstas se encuentren sujetas directamente a la acción de los factores climáticos, edáficos y de manejo que pueden actuar de forma sinérgica o depresiva en la producción.

En cuanto a las labores de preparación del terreno destaca la cruzada de barbecho debido al efecto mecánico sobre el suelo para facilitar el establecimiento de las plantas, o bien por la agresividad misma del cultivo que presenta raíz de tipo fascicular. Este factor se localiza en la parcela grande con la pendiente más alta del terreno, por eso es importante la dosis alta de abonado orgánico para conservar la humedad del suelo.

En contraste con lo anterior, los 2 únicos tratamientos del último nivel a2b0c0 y a1b0c0, permanecen en los niveles más bajos de rendimiento con 3 767 y 2 8 ton/ha para cada uno de los testigos

En los niveles restantes hay tratamientos que comparten su nivel de significación y otros no, tal es el caso del último tratamiento del cuarto nivel a2b1c2(barbecho, 90-60-00, 20 ton/ha) con una producción de 4 570 kg/p.u. equivalente a 20.31 ton/ha, así mismo los 2 primeros del quinto nivel a2b2c0(barbecho, 120-90-00, 0 ton/ha) y a2b1b0(barbecho, 90-60-00, 0 ton/ha) producen 2.87 kg/p.u. y 2.837 kg/p.u., que son 12.77 ton/ha y 12.61 ton/ha respectivamente. De igual forma los tres últimos tratamientos del sexto grupo o nivel a1b0c1(cruza, 0-0-0, 10 ton/ha), a2b0c1(barbecho, 0-0-0, 10 ton/ha) y a1b1c0(cruza, 90-60-00, 0 ton/ha) con un rendimiento de 1.926, 1.915, y 1.838 kg/p.u. equivalente a 8.56, 8.51, y 8.17 ton/ha para cada caso

En el primer corte la mayor producción fue de 3.382 a 3.261 kg/p.u., que son 15.03 a 14.49 ton/ha registrada por los tratamientos a1b1c2(cruza, 90-60-00, 20 ton/ha), a1b2c1(cruza, 120-90-00, 10 ton/ha), a1b2c2(cruza, 120-90-60, 20 ton/ha) y a2b2c2(barbecho, 120-90-00, 20 ton/ha) a los que corresponde estadísticamente igual significación. Para el segundo corte el rendimiento más alto es de 2.145 kg/p.u. que se traduce en 9.53 ton/ha correspondiente al tratamiento a2b2c2(barbecho, 120-90-00, 20 ton/ha), que de manera comparativa con el primer corte la producción disminuyó considerablemente principalmente por la disminución y fluctuación de la precipitación y temperatura.

Si comparamos los rendimientos obtenidos en los tratamientos restantes se aprecia que el efecto del abonado contribuyó a elevar los rendimientos (figura 21) de manera que resulta posible disminuir el efecto de escasez de lluvia, aún cuando el fenómeno varía según el tipo de suelo y las condiciones meteorológicas locales donde se incorpore éste. Cabe resaltar que los efectos benéficos resultantes en las características de retención de humedad, son en parte, consecuencia de la cantidad de residuos a degradar y su interacción con la fracción mineral del suelo (Benedicto, 1990).

Estudios comparativos de producción forrajera de sorgo destacan sus rendimientos obtenidos por año, tal es el caso del estudio realizado en el campo experimental de Chapingo, Méx., (1968) que reportan para 1964 una producción de 36.89 ton/ha y para 1965 una producción de 22 70 ton/ha. En otro experimento similar realizado en Mexicali con densidades de siembra de 10 Kg/ha, obtuvieron un rendimiento de 61.1 ton/ha en 2 cortes, mientras que en el estado de Morelos, obtuvieron hasta 85.98 ton/ha. Este último caso estudió al sorgo en asociación con una leguminosa *Macroptilium atropurpureum* y tal diferencia de rendimiento en verde es debida a las condiciones climáticas de la zona con elevada precipitación.

El área en estudio se caracteriza por precipitación errática y aleatoria en forma de aguaceros intensos que por la textura del suelo y la fisiografía de la zona dificultan la permeabilidad y absorción del agua propiciando la erosión, aunado a la pobreza de fertilidad en los suelos. Es evidente la alta potencialidad del sorgo ya que es un cultivo de mucha intensidad sin embargo su cultivo no es representativo en la zona. En el presente estudio la mínima producción total del 1er. corte fué de 6.24 ton/ha en a1b0c0(testigo), la máxima de 60.13 ton/ha en a1b1c2(cruza,90-60-00, 20 ton/ha). En el segundo corte la producción total mínima fué de 4.96 ton/ha en a1b0c0(testigo) y la máxima de 38 13 ton/ha en a2b2c2(barbecho, 120-90-00, 20 ton /ha).

ESTA TESIS NO DEBE
CALIR DE LA BIBLIOTECA

Tabla 4. Rendimiento de forraje fresco en kg/p.u.

Cortes	1					2				
	I	II	III	IV	X	I	II	III	IV	X
a1 b0 c0	0.415	0.350	0.450	0.190	0.351	0.360	0.235	0.300	0.220	0.278
a1 b0 c1	1.235	1.080	1.425	1.105	1.211	0.585	0.645	0.725	0.905	0.715
a1 b0 c2	1.245	0.925	2.650	1.295	1.528	0.770	0.850	1.145	0.690	0.863
a1 b1 c0	1.085	0.610	1.220	0.260	0.793	1.160	0.890	1.480	0.650	1.045
a1 b1 c1	3.120	2.910	2.835	2.655	2.880	1.535	1.655	2.040	1.675	1.726
a1 b1 c2	3.000	3.800	3.720	3.010	3.382	2.500	2.000	1.805	2.085	2.097
a1 b2 c0	0.650	1.395	1.655	0.735	1.108	0.915	1.355	1.550	1.510	1.332
a1 b2 c1	2.675	3.540	3.690	3.520	3.356	1.725	1.670	2.200	2.300	1.973
a1 b2 c2	3.025	3.265	3.575	3.400	3.315	1.405	1.650	1.865	2.105	1.756
a2 b0 c0	0.385	0.455	0.250	0.375	0.366	0.320	0.530	0.460	0.615	0.481
a2 b0 c1	0.840	1.150	0.975	1.330	1.073	0.510	0.675	1.035	1.145	0.841
a2 b0 c2	1.170	1.350	1.455	1.445	1.355	0.910	0.960	1.355	1.225	1.112
a2 b1 c0	1.750	1.240	0.780	1.240	1.252	1.790	1.400	1.435	1.715	1.585
a2 b1 c1	3.155	3.310	2.675	2.925	3.016	1.690	0.675	2.245	2.165	1.693
a2 b1 c2	3.075	2.400	2.575	2.510	2.640	1.915	1.765	2.165	1.875	1.930
a2 b2 c0	1.475	0.675	0.830	1.290	1.067	1.750	1.585	2.105	1.785	1.806
a2 b2 c1	3.420	2.910	2.315	2.155	2.700	2.035	2.180	1.785	2.135	2.033
a2 b2 c2	3.365	3.765	3.210	2.705	3.261	1.900	2.315	2.330	2.035	2.145

Tabla 5. Rendimiento de forraje fresco en kg/p.u.

Tratamientos	I	II	III	IV	X
<i>a1b0c0</i>	0.775	0.585	0.750	0.410	0.630
<i>a1b0c1</i>	1.820	1.725	2.150	2.010	1.926
<i>a1b0c2</i>	2.015	1.775	3.795	1.985	2.393
<i>a1b1c0</i>	2.245	1.500	2.700	0.910	1 839
<i>a1b1c1</i>	4.655	4.565	4.875	4.330	4.606
<i>a1b1c2</i>	5.500	5.800	5.525	5.095	5 480
<i>a1b2c0</i>	1.565	2.750	3.205	2.245	2.441
<i>a1b2c1</i>	4.400	5.210	5.890	5.820	5.330
<i>a1b2c2</i>	4.430	4.915	5.440	5.505	5.073
<i>a2b0c0</i>	0.705	0.985	0.710	0.990	0.848
<i>a2b0c1</i>	1.350	1.825	2.010	2.475	1.915
<i>a2b0c2</i>	2.080	2.310	2.810	2.670	2.468
<i>a2b1c0</i>	3.540	2.640	2 215	2.955	2.838
<i>a2b1c1</i>	4.845	3.985	4.920	5.090	4.710
<i>a2b1c2</i>	4.990	4.165	4.740	4.385	4.570
<i>a2b2c0</i>	3.225	2.260	2.935	3.075	2.874
<i>a2b2c1</i>	5.455	5.090	4.100	4.290	4.734
<i>a2b2c2</i>	5.265	6.080	5.540	4.740	5.406

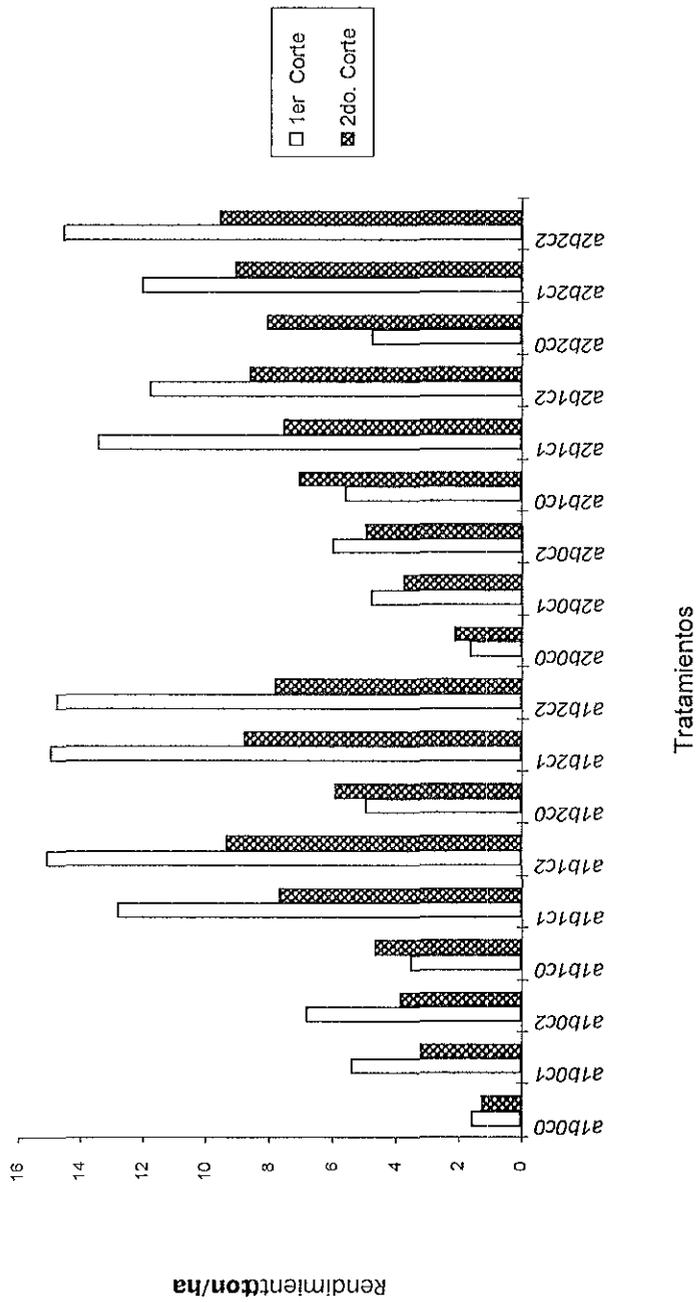


Figura 21. Rendimiento de forraje fresco en ton/ha.

Tabla 6. Arreglo con la prueba de Tukey

	I	II	III
1 = a1b0c0	6 = 3.382 A	18 = 2.145 A	6 = 5.480 A
2 = a1b0c1	8 = 3.356 A	6 = 2.097 AB	18 = 5.406 AB
3 = a1b0c2	9 = 3.315 A	17 = 2.033 ABC	8 = 5.330 ABC
4 = a1b1c0	18 = 3.261 A	8 = 1.973 ABC	9 = 5.072 ABCD
5 = a1b1c1	14 = 3.016 AB	15 = 1.930 ABCD	17 = 4.733 BCD
6 = a1b1c2	5 = 2.889 AB	16 = 1.806 ABCD	14 = 4.710 BCD
7 = a1b2c0	17 = 2.700 B	9 = 1.756 BCD	5 = 4.606 CD
8 = a1b2c1	15 = 2.640 B	5 = 1.726 CD	15 = 4.570 D
9 = a1b2c2	3 = 1.528 C	14 = 1.693 CDE	16 = 2.873 E
10 = a2b0c0	12 = 1.355 C	13 = 1.595 DE	13 = 2.837 E
11 = a2b0c1	13 = 1.252 CD	7 = 1.332 EF	12 = 2.447 EF
12 = a2b0c2	2 = 1.211 CD	12 = 1.112 FG	7 = 2.441 EF
13 = a2b1c0	7 = 1.108 CD	4 = 1.045 FGH	3 = 2.392 EF
14 = a2b1c1	11 = 1.073 CD	3 = 0.863 GH	2 = 1.926 F
15 = a2b1c2	16 = 1.067 CD	11 = 0.841 GHI	11 = 1.915 F
16 = a2b2c0	4 = 0.793 DE	2 = 0.715 HI	4 = 1.838 F
17 = a2b2c1	10 = 0.366 E	10 = 0.481 IJ	10 = 0.847 G
18 = a2b2c2	1 = 0.351 E	1 = 0.278 J	1 = 0.630 G

VARIABLES:

- I = Rendimiento de forraje fresco 1er. corte
- II = Rendimiento de forraje fresco 2do. corte
- III = Rendimiento de forraje fresco total anual

7.1.3. Producción de forraje seco

7.1.3.1. Peso seco 1^{er}. corte

El método de varianza manifiesta efecto altamente significativo con los abonados orgánico e inorgánico de forma independiente y en su interacción, significativo con laboreo-abonado orgánico sin mostrar efecto en la interacción de los tres factores (Anexo, tabla 16).

La tabla 9 corresponde a la prueba de Tukey que en este corte reporta un arreglo en ocho niveles, donde el nivel alto pesó 1.017 kg/p.u. correspondiente a 4.52 ton/ha para el tratamiento a1b1c2(cruza, 90-60-00, 20 ton/ha).

El último nivel abarca tres casos de igual significación, el primero es el tratamiento a1b1c0(cruza, 90-60-00, 0 ton/ha) con una producción de 0.211 kg/p.u., los 2 últimos son los testigos a2b0c0 y a1b0c0 por ende con los valores más bajos de producción que van de 0.100 y 0.897 kg/p.u. equivalentes a 0.44 y 0.40 ton/ha.

Los tratamientos de los niveles intermedios se mantuvieron dentro de una equidad significativa en la mayoría de los casos salvo en el último tratamiento del cuarto estrato y el primero del quinto que corresponde a los tratamientos a2b2c1(barbecho, 120-90-00, 90-60-00) y a1b0c2(cruza, 0-0-0, 20 ton/ha) respectivamente. El primer tratamiento dió una producción de 0.732 kg/p u , el segundo reportó una producción de 0.477 kg/p.u. que en ton/ha se traduce a 3.25 y 2.12 (tabla 7).

7.1.3.2. Peso seco 2^o corte

El análisis de varianza detectó efecto altamente significativo para los 3 factores analizados en todas sus combinaciones (Anexo, tabla 16)

La Tabla 9 detalla un arreglo en diez niveles registrando la mayor producción el primer tratamiento del primer nivel a2b2c2 (barbecho, 120-90-00, 20 ton/ha) con 1kg/p.u., que son 4.44 ton/ha.

La producción más baja la dieron los testigos a2b0c0 y a1b0c0 con un peso de 0.219 y 0.119 kg/p.u. equivalente a 0.97 y 0.53 ton/ha respectivamente.

Los valores intermedios están incluidos dentro de la misma significación bajo los factores de abonado orgánico, inorgánico y mixto.

7.1.3.3. Rendimiento anual

La producción total anual se vio afectada por ambos factores de abonado por separado de forma altamente significativa y significativa por el método de siembra y el abonado mixto (Anexo, tabla 16).

Como se observa en la Tabla 9 la prueba de Tukey ordenó los promedios de peso seco en 9 niveles, donde la mayor producción está dada por a1b1c2(cruza, 90-60-00, 20 ton/ha) con un rendimiento de 1.924 kg/p.u. equivalente a 8.55 ton/ha.

Los tratamientos con los valores más bajos son los testigos a2b0c0 y a1b0c0 ubicados en los últimos niveles de significación con una producción de 0.320 y 0.209 kg/p.u. equivalente a 1.42 y 0.93 ton/ha respectivamente.

Los estratos entre los máximos y mínimos niveles de significación son equitativos, salvo 2 de ellos que no se traslapan con otro estrato tal es el caso de los tratamientos a1b1c1(cruza, 90-60-00, 10 ton/ha), el cual arrojó un peso de 1.431 kg/p.u., que equivale a 6.36 ton/ha y a2b2c0 con 1.137 kg/p.u. equivalente a 5.05 ton/ha.

Este componente refleja el mismo comportamiento del anterior con una ligera disminución en la producción para el segundo corte que va de 1.008 kg/p.u. equivalente a 4.48 ton/ha en a2b2c2(barbecho, 120-90-00, 20 ton/ha) a 1.017 kg/p.u. equivalente a 4.52 ton/ha en a1b1c2(cruza, 90-60-00, 20 ton/ha) del primer corte, es decir el segundo corte es 0.88 % menor que el primero (figura 22).

Aunque la diferencia es mínima puede deberse a la técnica de análisis o bien a la disminución de la precipitación, ya que el segundo corte debe su efecto a la dosis alta de abonado mientras que el primero

supera la producción con dosis media de fertilizante y alta de abonado, sin embargo el efecto de las lluvias en el primer caso es negativo y en el último positivo. Lo cual nos deja claro que se pueden sostener altos niveles de producción si un abastecimiento adecuado de elementos minerales está disponible en el suelo aunque esto no garantice que sean asimilados.

De ese modo se debe tomar en cuenta que existen diferentes factores que pueden incidir de manera directa e indirecta, propiciando en última instancia que la respuesta favorable en rendimiento sea consecuencia de una mayor asimilación nutricional, mejor aireación del suelo por empleo de métodos de labranza adecuados, humedad eficiente, adición de correctores al suelo, eliminación de competencia, etc. Aguilar (1987).

Estudios realizados sobre el efecto de la incorporación de estiércol y fertilizantes químicos en la producción de materia seca utilizada como forraje destacan el de la S.A.G. (1968) que en México reportó rendimientos de *S. alnum* de 15.98 ton/ha de forraje seco en el primer año y 15.19 ton/ha en el segundo, en el Campo Experimental de Chapingo, México; y para su campo experimental de Mexicali reportaron un rendimiento de 17.5 ton/ha. y en (1983), Flores *et al*, (1990) reportó para *Sorghum alnum* un rendimiento que fluctúa entre 16.12 y 31.20 ton/ha en Tepetzingo, Morelos quien en ese mismo estudio reporta en el primer corte 5.93 ton/ha bajo el tratamiento F3(nivel alto) y para F0(testigo) 4.73 ton/ha mientras que en el corte 6 reporta 2.3 ton/ha en F0 y 2.82 t/ha en F2(nivel medio).

En éste estudio el rendimiento mínimo total en el 1er. corte fue de 1.59 ton/ha en a1b0c0(testigo) y el máximo de 18.08 ton/ha en a1b1c2(cruza, 90-60-00, 20 ton/ha). en el 2do. corte el mínimo total de 2.12 ton/ha en a1b0c0(testigo) y el máximo de rendimiento fue de 17.92 ton/ha en a2b2c2(barbecho, 120-90-00, 20 ton/ha).

Tabla 7. Rendimiento de forraje seco en kg/p.u.

Cortes	1				2					
	I	II	III	IV	X	I	II	III	IV	X
a1 b0 c0	0.103	0.080	0.121	0.053	0.089	0.136	0.096	0.129	0.116	0.119
a1 b0 c1	0.358	0.302	0.399	0.353	0.353	0.216	0.264	0.239	0.298	0.254
a1 b0 c2	0.398	0.277	0.795	0.440	0.477	0.284	0.323	0.446	0.241	0.323
a1 b1 c0	0.227	0.231	0.305	0.083	0.211	0.046	0.400	0.636	0.260	0.335
a1 b1 c1	0.842	0.814	0.737	0.849	0.810	0.552	0.562	0.714	0.653	0.620
a1 b1 c2	0.900	1.292	1.004	0.872	1.017	1.100	0.700	0.974	0.854	0.907
a1 b2 c0	0.149	0.348	0.380	0.205	0.271	0.393	0.569	0.573	0.679	0.553
a1 b2 c1	0.775	0.991	0.996	1.020	0.946	0.638	0.651	0.726	0.805	0.705
a1 b2 c2	0.816	0.979	0.965	0.884	0.911	0.505	0.643	0.764	0.757	0.667
a2 b0 c0	0.107	0.122	0.072	0.097	0.100	0.131	0.238	0.184	0.325	0.219
a2 b0 c1	0.260	0.230	0.224	0.399	0.278	0.188	0.317	0.424	0.480	0.352
a2 b0 c2	0.386	0.391	0.451	0.520	0.437	0.409	0.374	0.514	0.563	0.465
a2 b1 c0	0.367	0.310	0.218	0.310	0.301	0.644	0.602	0.645	0.840	0.683
a2 b1 c1	0.631	0.827	0.668	0.906	0.763	0.760	0.270	1.010	1.169	0.802
a2 b1 c2	0.984	0.696	0.849	0.778	0.826	0.670	0.688	0.909	0.862	0.782
a2 b2 c0	0.413	0.168	0.249	0.387	0.304	0.735	0.729	0.905	0.963	0.833
a2 b2 c1	0.957	0.698	0.648	0.624	0.732	0.875	1.155	0.731	1.003	0.941
a2 b2 c2	0.639	0.941	0.930	0.784	0.823	0.779	0.949	1.491	0.814	1.008

Tabla 8. Rendimiento de forraje seco total en kg/p.u.

Tratamientos	I	II	III	IV	X
a1 b0 c0	0.240	0.176	0.250	0.169	0.209
a1 b0 c1	0.574	0.566	0.638	0.652	0.608
a1 b0 c2	0.683	0.600	1.241	0.681	0.801
a1 b1 c0	0.274	0.632	0.941	0.343	0.548
a1 b1 c1	1.395	1.377	1.451	1.502	1.431
a1 b1 c2	2.000	1.992	1.979	1.727	1.925
a1 b2 c0	0.542	0.917	0.954	0.885	0.825
a1 b2 c1	1.414	1.642	1.722	1.825	1.651
a1 b2 c2	1.322	1.623	1.729	1.641	1.579
a2 b0 c0	0.239	0.361	0.256	0.423	0.32
a2 b0 c1	0.449	0.547	0.648	0.879	0.631
a2 b0 c2	0.795	0.765	0.965	1.083	0.902
a2 b1 c0	1.011	0.912	0.864	1.150	0.984
a2 b1 c1	1.392	1.097	1.679	2.075	1.561
a2 b1 c2	1.654	1.384	1.759	1.640	1.609
a2 b2 c0	1.148	0.897	1.154	1.350	1.137
a2 b2 c1	1.832	1.853	1.380	1.628	1.673
a2 b2 c2	1.418	1.890	2.422	1.598	1.832

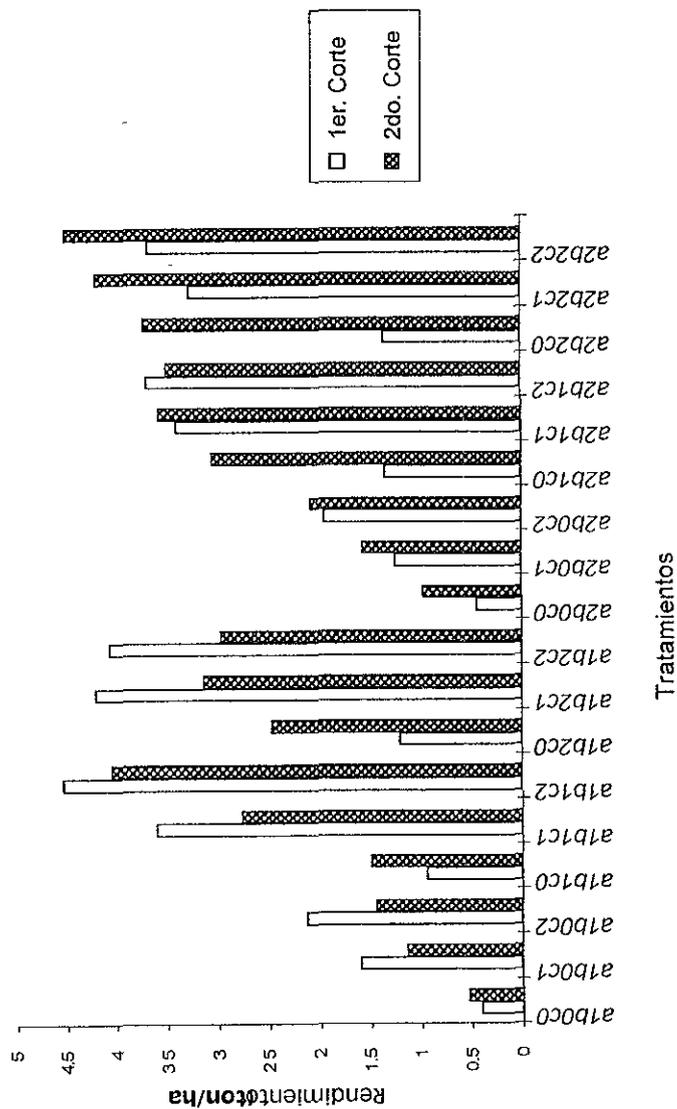


Figura 22. Rendimiento de forraje seco en ton/ha.

Tabla 9 . Arreglo con la prueba de Tukey

Tratamientos:	IV	V	VI
1 = a1b0c0	6 = 1.017 A	18 = 1.008 A	6 = 1.924 A
2 = a1b0c1	8 = 0.946 AB	17 = 0.941 AB	16 = 1.832 AB
3 = a1b0c2	9 = 0.911 ABC	6 = 0.907 ABC	17 = 1.673 ABC
4 = a1b1c0	15 = 0.826 BCD	16 = 0.833 ABCD	8 = 1.651 ABC
5 = a1b1c1	18 = 0.823 BCD	14 = 0.802 ABCD	15 = 1.609 BC
6 = a1b1c2	5 = 0.810 BCD	15 = 0.782 BCD	9 = 1.579 BC
7 = a1b2c0	14 = 0.758 CD	8 = 0.705 CDE	14 = 1.560 BC
8 = a1b2c1	17 = 0.732 D	13 = 0.683 DE	5 = 1.431 C
9 = a1b2c2	3 = 0.477 E	9 = 0.667 DEF	16 = 1.137 D
10 = a2b0c0	12 = 0.437 EF	5 = 0.620 DEF	13 = 0.984 DE
11 = a2b0c1	2 = 0.353 EFG	7 = 0.553 EFG	12 = 0.902 DEF
12 = a2b0c2	16 = 0.304 FG	12 = 0.465 FGH	7 = 0.825 EFG
13 = a2b1c0	13 = 0.381 FG	11 = 0.352 GHI	3 = 0.801 EFG
14 = a2b1c1	11 = 0.278 FG	4 = 0.335 HI	11 = 0.631 FG
15 = a2b1c2	7 = 0.271 FG	3 = 0.323 HIJ	2 = 0.607 GH
16 = a2b2c0	4 = 0.211 GH	2 = 0.254 HIJ	4 = 0.547 GH
17 = a2b2c1	10 = 0.100 H	10 = 0.219 IJ	10 = 320 HI
18 = a2b2c2	1 = 0.089 H	1 = 0.119 J	1 = 0.209 I

VARIABLES:

IV = Rendimiento de forraje seco 1er. corte

V = Rendimiento de forraje seco 2do. corte

VI = Rendimiento de forraje seco total anual

7.1.4. Contenido de Proteína Cruda (C.P.C.)

7.1.4.1. Porcentaje 1^{er}. corte

El análisis de varianza manifestó efecto altamente significativo para todos los factores e interacciones (Anexo, tabla 16).

En este caso la prueba de Tukey estableció 7 niveles (tabla 12), marcando la máxima producción el único tratamiento del primer nivel a2b2c2 (barbecho, 120-90-60, 20 ton/ha) con un porcentaje de 5.63 % de P.C., al igual que el nivel subsiguiente con un tratamiento a2b0c2 (barbecho, 0-0-0, 20 ton/ha) y 5.09 % de P.C.. Disminuyendo más en los testigos a1b0c0 y a2b0c0 donde el primero reportó 0.145 % y 0.019% el segundo. Los casos intermedios no son diferenciables estadísticamente.

El diagnóstico del material vegetal tiene diferentes propósitos, rectificar la diagnosis de síntomas visuales, identificar deficiencias latentes, evaluar la respuesta a las aplicaciones correctivas, ayudar a interpretar los resultados de la experimentación entre otros (Aguilar, 1971).

El incremento de este componente de rendimiento es mas evidente con el tratamiento a2b2c2 el cual presenta 3.54 % por encima de los tratamientos subsecuentes y los rendimientos más bajos están asociados con varios factores que pueden ser de carácter edáfico, climático, biótico, nutrimental, etc. (Aguilar, 1987).

El mayor porcentaje de producción de proteína cruda se asocia con la aplicación de algún tipo de abonado ya que las restricciones en el desarrollo y producción vegetal, generalmente se deben a deficiencias nutrimentales cuando los demás factores de crecimiento no son limitantes, situación resuelta con la fertilización (Aguilar, 1987).

7.1.4.2. Porcentaje 2º corte

En este corte el efecto es altamente significativo en los tres factores de forma independiente y en la interacción método de siembra-fertilización y significativo para la interacción abonado-fertilización (Anexo, tabla 16).

Los contenidos de P.C. bajo la prueba de Tukey se diferencian en 7 niveles (tabla 12), el primer nivel con 2 tratamientos estadísticamente iguales pero diferentes en el promedio de producción, uno con 5.91 % en el tratamiento a1b1c2(cruza, 90-60-00, 20 ton/ha), otro con 5.39 % de P.C. en a1b1c1(cruza,90-60-00, 10 ton/ha) y el mínimo contenido de P.C. se registro en el testigo a2b0c0 con 0.04 %.

Los tratamientos de los niveles restantes aún bajo combinaciones diferentes de los factores y niveles de aplicación mantienen comportamientos estadísticos homogéneos, así mismo el segundo testigo a1b0c0 con 1.42 % de P.C. se mantiene incluido entre los niveles intermedios de producción.

Esto puede deberse a que la carencia de nutrientes en el sustrato logran un crecimiento menor pero el proceso fenológico es más rápido ya que la planta utiliza su energía en la producción de flores y frutos que contienen mayor proteína cruda.

A diferencia de los organismos animales, los vegetales presentan diferentes edades en función de su apareamiento y diferenciación, lo cual genera que en un momento dado en un vegetal se presenten órganos de todos los estados fenológicos, desde la fase de crecimiento lineal hasta la senescencia, con la consecuente variabilidad en actividad metabólica y obviamente diferencia en composición Aguilar (1987).

7.1.4.3. Contenido anual

El análisis de varianza manifestó un efecto altamente significativo con el abonado químico y orgánico, así como en la combinación entre laboreo-abonado químico u orgánico y en la interacción de

los tres factores, y significativo con el abonado mixto sin marcar efecto la preparación del suelo (Anexo, tabla 16).

En un orden arreglado con la prueba de Tukey se muestran 8 niveles (tabla 12) con evidentes diferencias en el tratamiento a2b2c2(barbecho, 120-90-00, 20 ton/ha) estadísticamente diferente por su elevado rendimiento del 9.76 %. El segundo nivel de significación presentó 6.45 % de P.C. bajo el tratamiento a1b1c2(cruza, 90-60-00, 20 ton/ha).

El menor porcentaje se observa en el tratamiento a2b0c0, con 0.19 % de P.C. correspondiente a un testigo ya que el otro se ubicó dentro de los niveles intermedios de significación por presentar un rendimiento de 1.44 %, lo cual se puede explicar porque el análisis de suelos reporta que el contenido de fósforo en la zona es alto y altas dosis de fósforo manifiestan porcentajes elevados de proteína cruda (debido en gran parte a la presencia de la nitrogenasa, enzima que moviliza la energía química en los procesos biológicos, que requiere para su funcionamiento de compuestos fosfatados como adenosintrifosfato según Postgate (1981), lo cual también fue observado por Abraham y Singh (1984) citado por Rosas (1987).

Los porcentajes mayores de P.C. fueron obtenidos en el segundo corte con 5.91 % en a1b1c2(cruza, 90-60-00, 20 ton/ha) caso contrario al primer corte donde se obtuvo un porcentaje de 5.63 % en el tratamiento a2b2c2(barbecho, 120-90-00, 20 ton/ha) (tabla10).

Probablemente el aumento de P.C. en el segundo corte se debe a que la maduración y floración fue más rápida y homogénea. La pronta cosecha evitó que el nitrógeno se acumulara en los granos contrario al primer corte, donde la floración completa fue tardía ya que la humedad propició el aumento en el desarrollo vegetativo. Del espigamiento a la madurez el peso total puede aumentar cerca de un 40 % debido principalmente al aumento de tamaño en la semilla y al contenido de azúcar en los tallos, por eso mismo el valor del cultivo puede reducirse si se cosecha fuera de época o cuando el clima es desfavorable; o bien, si su corte es antes de su madurez contendrá compuestos que producen el veneno conocido como ácido prísico o cianhídrico (Robles, 1979).

La diferencia entre los cortes es poca pero evidencia el efecto negativo de la precipitación o del abonado mixto en el primer corte bajo el tratamiento a2b2c2(barbecho, 120-90-00, 20 ton/ha) ya que el contenido es menor que en el segundo corte con el tratamiento a1b1c2(cruza, 90-60-00, 20 ton/ha) con dosis media de fertilizante y menor precipitación. Esta diferencia es clara si consideramos esta variación más susceptible en base al análisis de nitratos. Las concentraciones de NO_3 en los tejidos vegetales están en función de la actividad de la enzima nitrato reductasa, misma que a su vez depende de la actividad luminosa (Hageman y Flesher, 1960) citado por Aguilar (1987).

Por otra parte, al relacionar el rendimiento de forraje seco con el Contenido de Proteína Cruda se observó que en el primer corte se produjo el rendimiento de forraje mas alto y los contenidos de proteína cruda mas bajos, así mismo, en el segundo corte se obtuvo el rendimiento de forraje más bajo y los contenidos de proteína más altos.

Consecuencia tal vez de los factores que determinan la absorción de nutrientes requeridos, en especial de la movilidad y aprovechamiento de estos, la cuál es diferencial dependiendo del estado fisiológico de la especie. Es decir un tejido joven inmaduro es generalmente más sensible a elementos inmóviles, y los tallos viejos son más sensibles a elementos móviles del floema.

Cabe señalar que los cortes fueron hechos cuando las plantas estaban a 100% de floración razón por la cuál la movilización de los compuestos nitrogenados de los tejidos somáticos hacia los sexuales, se traduce en un incremento de fibra cruda junto con la producción de forraje seco, y visceversa hay una disminución del Contenido de Proteína Cruda en el mismo citado por Flores et-al (1990); Bogdan (1977).

Así mismo la importancia de la evapotranspiración es evidente por su considerable influencia sobre el crecimiento y distribución de las plantas (Guía 1991). Podemos pensar que la incorporación de estiércol al suelo antes del establecimiento de la pradera provee una reserva substancial de N en una forma lentamente aprovechable, por lo común menos fácilmente aprovechable que en los fertilizantes inorgánicos.

En otros trabajos analizados, se ha visto una tendencia en el reporte de valores altos de esta variable, tal es el caso de Yates, *et al* (1964) que reportaron que el Contenido de Proteína Cruda para

Sorghum alnum Parodi era de 12% a 14%, Minson y Milford (1966) encontraron contenidos de 9.2 a 10.6%, Maideiros (1972) junto con Freitas y Saibro (1976) observaron valores relativamente altos de Proteína Cruda de 11.5% en sorgo para 300 kg. de N/ha, y Flores (1985) determinó dicho contenido en *S. alnum* de 8.23%, por lo que en comparación con los resultados obtenidos en este estudio la producción se ubica ligeramente bajo la media de producción.

En este estudio en el 1er. corte la mínima producción obtenida fué de 0.02 % de P.C. en a1b0c0 y el máximo de 5.63% de P.C. en a2b2c2(barbecho, 120-90-00, 20 ton/ha). En el segundo corte el menor contenido fué 0.04% en a2b0c0 y el mayor de 5.91% en a1b1c2(cruza, 90-60-00, 20 ton/ha) (figura 23).

Tabla 10. Contenido de proteína cruda en porcentaje.

Cortes	1					2				
	I	II	III	IV	X	I	II	III	IV	X
a1 b0 c0	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019	0.563	0.375	4.375	0.375	1.422
a1 b0 c1	0.063	0.625	0.019	0.019	0.181	0.563	0.500	5.000	0.500	0.516
a1 b0 c2	0.063	0.500	0.438	0.019	0.255	0.688	0.375	5.000	0.563	1.656
a1 b1 c0	0.188	0.056	0.250	0.313	0.202	1.813	0.688	5.000	0.625	2.031
a1 b1 c1	0.500	0.063	0.375	0.500	0.360	5.813	5.000	5.188	5.563	5.391
a1 b1 c2	0.563	0.500	0.563	0.563	0.547	6.125	5.813	5.563	6.125	5.906
a1 b2 c0	0.625	0.625	0.688	0.875	0.703	0.813	0.813	0.750	0.813	0.797
a1 b2 c1	0.750	0.875	0.875	1.063	0.890	1.188	1.125	0.938	1.125	1.094
a1 b2 c2	1.063	0.875	0.938	1.125	4.000	1.250	1.250	1.188	1.188	1.219
a2 b0 c0	0.188	0.019	0.125	0.250	0.145	0.019	0.063	0.063	0.019	0.041
a2 b1 c1	0.625	0.519	0.875	0.500	0.630	0.375	0.500	0.438	0.050	0.341
a2 b2 c2	5.063	0.688	1.313	1.313	2.094	0.563	1.563	1.313	0.144	0.896
a2 b0 c0	1.125	0.019	1.000	0.019	0.541	0.688	0.563	0.563	0.625	0.610
a2 b1 c1	1.813	0.625	1.063	0.144	0.911	1.688	1.313	1.438	2.688	1.780
a2 b2 c2	2.813	1.250	1.750	0.206	1.505	2.563	2.813	2.688	4.438	3.125
a2 b0 c0	0.813	0.813	0.813	0.875	0.828	0.813	0.438	0.813	0.688	0.688
a2 b1 c1	2.688	0.938	1.875	1.000	1.625	4.625	2.625	0.875	2.625	2.687
a2 b2 c2	5.813	4.688	6.250	5.750	5.625	5.875	0.556	5.063	5.063	4.139

Tabla 11. Contenido de proteína cruda promedio en porcentaje.

Tratamientos	I	II	III	IV	x
a1 b0 c0	0.29	0.20	2.20	0.20	0.72
a1 b0 c1	0.31	0.63	2.20	0.26	0.85
a1 b0 c2	0.38	0.44	2.72	0.29	0.96
a1 b1 c0	1.00	0.37	2.63	0.47	1.12
a1 b1 c1	3.16	0.20	2.59	3.03	2.25
a1 b1 c2	3.34	3.16	3.06	3.34	3.23
a1 b2 c0	0.72	0.72	0.72	0.84	0.75
a1 b2 c1	0.97	1.00	0.91	1.09	0.99
a1 b2 c2	1.16	1.06	1.13	1.16	1.13
a2 b0 c0	0.10	0.04	0.09	0.13	0.09
a2 b0 c1	0.50	0.51	0.67	0.28	0.49
a2 b0 c2	2.81	1.13	1.31	0.23	1.37
a2 b1 c0	0.91	0.29	0.78	0.32	0.58
a2 b1 c1	1.75	0.97	1.25	1.42	1.35
a2 b1 c2	2.69	2.03	2.22	2.32	2.32
a2 b2 c0	0.81	0.63	0.81	0.78	0.76
a2 b2 c1	3.66	1.78	1.38	1.81	2.16
a2 b2 c2	5.84	2.62	5.66	5.41	4.88

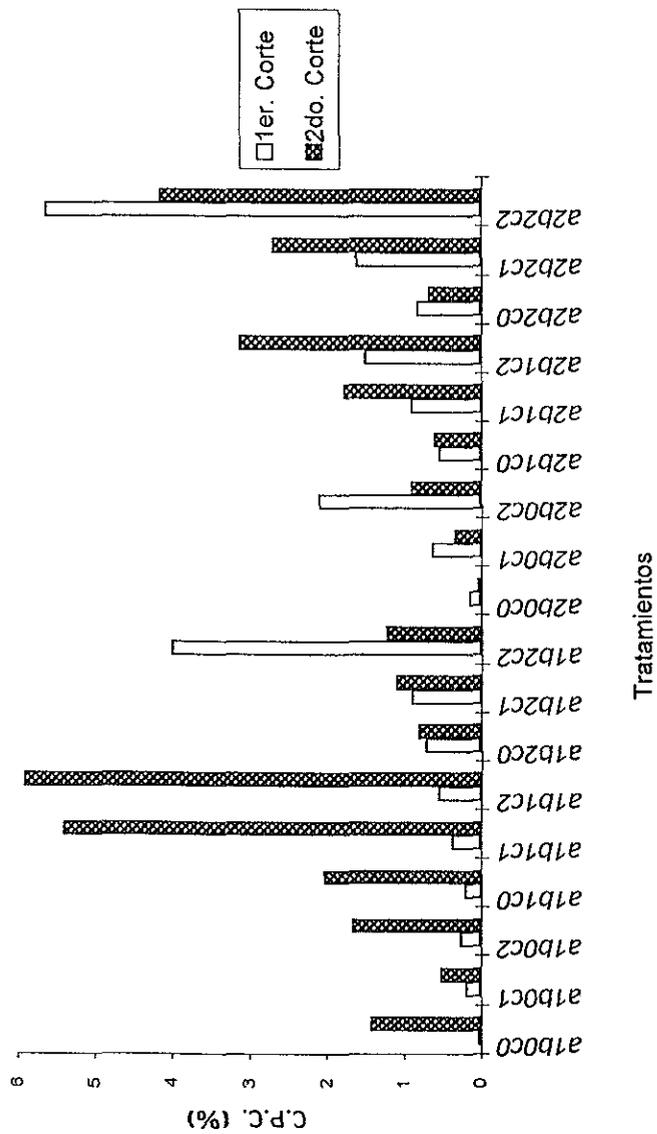


Figura 23. Contenido de proteína cruda en porcentaje

Tabla 12. Arreglo con la prueba de Tukey

Tratamientos:	VII	VIII	IX
1 = a1b0c0	18 = 5.63	6 = 5.91	18 = 9.76
2 = a1b0c1	12 = 5.09	5 = 5.39	6 = 6.45
3 = a1b0c2	17 = 1.63	18 = 4.14	5 = 5.65
4 = a1b1c0	15 = 1.50	15 = 3.12	15 = 4.63
5 = a1b1c1	9 = 1.00	17 = 2.69	17 = 4.31
6 = a1b1c2	14 = 0.91	4 = 2.03	12 = 2.99
7 = a1b2c0	8 = 0.89	14 = 1.78	14 = 2.69
8 = a1b2c1	16 = 0.83	3 = 1.66	4 = 2.23
9 = a1b2c2	7 = 0.71	2 = 1.64	9 = 2.22
10 = a2b0c0	11 = 0.63	1 = 1.42	8 = 1.98
11 = a2b0c1	6 = 0.54	9 = 1.22	3 = 1.91
12 = a2b0c2	13 = 0.54	8 = 1.10	2 = 1.82
13 = a2b1c0	5 = 0.36	12 = 0.89	16 = 1.52
14 = a2b1c1	3 = 0.25	7 = 0.79	7 = 1.50
15 = a2b1c2	4 = 0.20	16 = 0.69	1 = 1.44
16 = a2b2c0	2 = 0.18	13 = 0.61	13 = 1.15
17 = a2b2c1	10 = 0.15	FG	11 = 0.97
18 = a2b2c2	1 = 0.02	G	10 = 0.19

VARIABLES:

VII = Contenido de proteína cruda 1er.corte

VIII = Contenido de proteína cruda 2do. corte

IX = Contenido de proteína cruda total anual

7.1.5. Rendimiento de Proteína Cruda (R.P.C.)

7.1.5.1. Rendimiento 1^{er} corte

El análisis de varianza manifestó un efecto altamente significativo con todos los factores y sus interacciones (Anexo, tabla 16).

Aplicando la prueba de Tukey (tabla 15) se observan 5 niveles diferenciando el mayor rendimiento el tratamiento del primer nivel a2b2c2(barbecho, 120-90-00, 20 ton /ha) con 0.04611 kg/p.u. equivalente a 204.93 kg/ha.

Los promedios subsiguientes en términos del rendimiento son semejantes en 2 tratamientos, a2b1c2(barbecho, 90-60-00, 20 ton/ha) y a2b2c1(barbecho, 120-90-00, 10 ton/ha) con una producción de 0.01321 y 0.01266 kg/p.u., que equivalen a 58.71 y 56.27 kg/ha respectivamente.

Los rendimientos mas bajos no corresponden únicamente a los testigos absolutos, sino a 6 tratamientos más, dando un total de 8 tratamientos agrupados en el último nivel como son; a1b2c0, a2b0c1, a2b1c0, a1b0c2, a1b0c1, a1b1c0, a2b0c0 y a1b0c0. En todos los casos las 2 formas de laboreo tienen un efecto independiente del rendimiento, mientras que el abonado de algún tipo elevó los rendimientos aunque significativamente son iguales de 0.00187, 0.00169, 0.00161, 0.00130, 0.00056, 0.00039, 0.00014 y 0.00002 kg/p.u. respectivamente (tabla 13).

7.1.5.2. Rendimiento 2do. corte

En este corte el efecto es igual que en el corte anterior altamente significativo excepto para las labores de preparación del suelo y su interacción con el abonado orgánico (Anexo, tabla 16).

La prueba de Tukey, (tabla 15) marcó una estratificación en 6 niveles, con un gran grupo que registra el promedio mas alto de rendimiento de PC, asignado a a1b1c2(cruza, 90-60-00, 20 ton/ha), que dió 0.05363 kg/p.u. equivalente a 238.36 kg/ha.

Los 3 últimos tratamientos del último nivel comparten su respuesta al ser estadísticamente iguales registrando los valores más bajos de rendimiento, 0.00180, 0.00110 y 0.00008 kg/p.u., para a1b0c0, a2b0c1 y a2b0c0 que equivalen a 8, 4.89 y 0.35 kg/ha respectivamente (tabla 13).

Rosas (1987) reporta un rendimiento de P.C. en kg/ha, en valores totales de 2 816.10 kg/ha, y por corte los tratamientos F3 y F4 con 3 173.75 kg/ha y 3 212.5 kg/ha, representaron los rendimientos mas altos de los cinco cortes. Fuentes (1973) observa para *S. alnum*, que probablemente el P no tiene gran influencia en la producción de materia seca, pero si manifiesta efecto la interacción N-P citado por Rosas (1987).

Otros autores como: Summer *et al* (1965), alcanzaron contenidos de proteína cruda en sorgo de 18.21% y rendimientos de 2 200 a 2 400 kg/ha, Flores (1990) para *S. alnum* registró el rendimiento mas alto de proteína cruda con 1 979 kg/ha.

En este estudio se obtuvo un rendimiento de PC máximo total en el 1er. corte de 819.82 kg/ha en a2b2c2(barbecho, 120-90-00, 20 ton/ha) y un mínimo de 0.356 kg/ha en a1b0c0(testigo). En el segundo corte el rendimiento máximo total fué de 953.56 kg/ha en a1b1c2(cruza, 90-60-00, 20 ton/ha) y un mínimo total de 1.56 kg/ha en a2b0c0(testigo). El mayor rendimiento se obtuvo en el segundo corte debido a una floración más rápida y producción de granos, a causa de la disminución de la precipitación o bien a un mayor desarrollo radical.

En lo referente a los factores en estudio, la prueba de Tukey indica que las diferencias entre las labores de preparación del suelo no son altamente significativas, estimadas por las medias de rendimiento de forraje fresco y seco con resultados de rendimiento equivalentes con ambos métodos. Como lo señalan Ávila (1963), Tovar (1987), Delgadillo *et al* (1989), Caujolle, Gazet y Luzuriaga (1986) quienes estan de acuerdo en reconocer que numerosos cultivos de gramíneas se pueden establecer bajo condiciones extremas aún en formaciones endurecidas (Zebrowski, 1992)

Dado que diversos factores influyen en las labores de preparación del suelo como son: la forma y orientación de la herramienta (el peso, el filo, la concavidad, su tamaño y ángulo), el tipo de suelo (textura, estructura, obstáculos etc.) y condición del suelo (humedad, grado de compactación, PPS

anterior y la presencia y tipo de la cobertura vegetal) Buckingham F. (1976); en este estudio no se marcó una diferencia entre los 2 métodos utilizados llegando incluso a mayores rendimientos la parcela con barbecho.

En los tratamientos con abonado orgánico se observó que su incorporación elevó los rendimientos. Estos aspectos evidencian el valor de la M.O. sobre todo en suelos agrícolas que dependen del temporal. En México la superficie cultivada bajo estas condiciones es 2.3 veces mas grande que la superficie bajo riego Ortiz (1985), además estos suelos contienen bajo contenido de M.O., Ojeda (1974), nivel que repercute sobre la productividad puesto que incrementa el riesgo de erosión, el escurrimiento y la disponibilidad de agua hacia las plantas disminuye (Benedicto, 1990).

Tabla 13. Rendimiento de proteína cruda en kg/ p.u.

Cortes	1					2				
	I	II	III	IV	X	I	II	III	IV	X
a1 b0 c0	0.00002	0.00002	0.00020	0.00001	0.00002	0.00077	0.00036	0.00564	0.00044	0.00180
a1 b0 c1	0.00022	0.00189	0.00007	0.00007	0.00056	0.00122	0.00132	0.01195	0.00149	0.00399
a1 b0 c2	0.00025	0.00139	0.00348	0.00008	0.00130	0.00195	0.00121	0.02230	0.00136	0.00670
a1 b1 c0	0.00043	0.00013	0.00076	0.00026	0.00039	0.00083	0.00275	0.03180	0.00163	0.00925
a1 b1 c1	0.00421	0.00051	0.00276	0.00425	0.00293	0.03209	0.02810	0.03700	0.03633	0.03338
a1 b1 c2	0.00506	0.00646	0.00565	0.00491	0.00552	0.06738	0.04069	0.05418	0.05230	0.05363
a1 b2 c0	0.00093	0.00218	0.00261	0.00179	0.00187	0.00320	0.00463	0.00430	0.00552	0.00441
a1 b2 c1	0.00581	0.00867	0.00872	0.01084	0.00851	0.00758	0.00732	0.00681	0.00906	0.00769
a1 b2 c2	0.00867	0.00857	0.00905	0.00995	0.00906	0.00631	0.00804	0.00908	0.00899	0.00810
a2 b0 c0	0.00020	0.00002	0.00009	0.00024	0.00013	0.00002	0.00015	0.00012	0.00006	0.00008
a2 b0 c1	0.00163	0.00119	0.00196	0.00200	0.00169	0.00071	0.00159	0.00186	0.00024	0.00110
a2 b0 c2	0.01954	0.00269	0.00592	0.00683	0.00874	0.00230	0.00585	0.00675	0.00081	0.00392
a2 b1 c0	0.00413	0.00006	0.00218	0.00006	0.00160	0.00443	0.00339	0.00363	0.00525	0.00417
a2 b1 c1	0.01144	0.00516	0.00710	0.00131	0.00625	0.01283	0.00355	0.01452	0.03142	0.01558
a2 b1 c2	0.00277	0.00870	0.01486	0.00160	0.01321	0.01717	0.01935	0.02443	0.03826	0.02480
a2 b2 c0	0.00336	0.00137	0.00202	0.00339	0.00253	0.00597	0.00319	0.00736	0.00663	0.00578
a2 b2 c1	0.02572	0.00655	0.01215	0.00624	0.01266	0.04047	0.03032	0.00640	0.02633	0.02588
a2 b2 c2	0.03714	0.04411	0.05813	0.04508	0.04611	0.04577	0.00528	0.07549	0.04121	0.04193

Tabla 14. Rendimiento de proteína cruda total en kg/p.u.

Tratamientos	I	II	III	IV	X
a1 b0 c0	0.00079	0.00038	0.00566	0.00045	0.00182
a1 b0 c1	0.00144	0.00321	0.01202	0.00156	0.00456
a1 b0 c2	0.00221	0.00260	0.02578	0.00144	0.00801
a1 b1 c0	0.00126	0.00288	0.03256	0.00189	0.00965
a1 b1 c1	0.03633	0.02861	0.03976	0.04058	0.03632
a1 b1 c2	0.07244	0.04715	0.05983	0.05721	0.05916
a1 b2 c0	0.00413	0.00681	0.00691	0.00731	0.00629
a1 b2 c1	0.01339	0.01599	0.01553	0.01990	0.01620
a1 b2 c2	0.01498	0.01661	0.01813	0.01894	0.01717
a2 b0 c0	0.00022	0.00017	0.00021	0.00030	0.00023
a2 b0 c1	0.00234	0.00278	0.00382	0.00224	0.00280
a2 b0 c2	0.02184	0.00854	0.01267	0.00764	0.01267
a2 b1 c0	0.00856	0.00345	0.00581	0.00531	0.00578
a2 b1 c1	0.02427	0.00871	0.02162	0.03273	0.02183
a2 b1 c2	0.04485	0.02805	0.03929	0.03986	0.03801
a2 b2 c0	0.00933	0.00456	0.00938	0.01002	0.00832
a2 b2 c1	0.06619	0.03687	0.01855	0.03257	0.03855
a2 b2 c2	0.08291	0.04939	0.13368	0.08629	0.08807

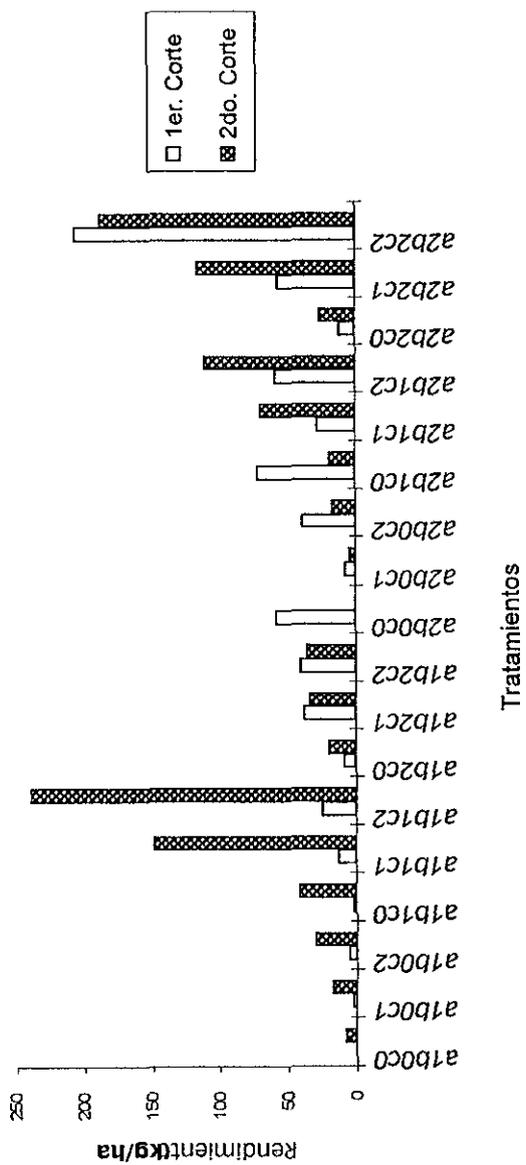


Figura 26. Rendimiento de proteína cruda en kg/ha.

Tabla 15. Arreglo con la prueba de Tukey

Tratamientos:	X	XI
1 = a1b0c0	18 = 4.611	6 = 5.363
2 = a1b0c1	15 = 1.321	18 = 4.193
3 = a1b0c2	17 = 1.266	5 = 3.338
4 = a1b1c0	9 = 0.906	17 = 2.588
5 = a1b1c1	12 = 0.874	15 = 2.480
6 = a1b1c2	8 = 0.851	14 = 1.558
7 = a1b2c0	14 = 0.625	4 = 0.925
8 = a1b2c1	6 = 0.552	9 = 0.810
9 = a1b2c2	5 = 0.293	8 = 0.769
10 = a2b0c0	16 = 0.253	3 = 0.670
11 = a2b0c1	7 = 0.187	16 = 0.578
12 = a2b0c2	11 = 0.169	7 = 0.441
13 = a2b1c0	13 = 0.160	13 = 0.417
14 = a2b1c1	3 = 0.130	2 = 0.399
15 = a2b1c2	2 = 0.056	12 = 0.392
16 = a2b2c0	4 = 0.039	1 = 0.180
17 = a2b2c1	10 = 0.013	11 = 0.110
18 = a2b2c2	1 = 0.002	10 = 0.008

VARIABLES:

X = Rendimiento de proteína cruda 1er. corte

XI = Rendimiento de proteína cruda 2do. corte

Con base en los resultados de los análisis físicos y químicos del suelo y el análisis químico de la especie vegetal se concluye lo siguiente:

Los suelos de la zona en estudio son extremadamente pobres en materia orgánica, con capa arable poco profunda, de textura arcillo-limosa, siendo necesaria la aplicación de enmiendas correctivas que permitan mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas favoreciendo la fertilidad del mismo.

El agotamiento del suelo se da al no restituirle los elementos fertilizantes exportados por las cosechas; de ahí la diferencia de los componentes de rendimiento con abonado de algún tipo y sin él. Se puede estimar que el abonado proporciona aumentos de rendimiento del orden del 90 % en relación con los testigos, concluyendo que las restricciones en el desarrollo y producción vegetal fueron debidas a deficiencias nutrimentales.

El máximo rendimiento de forraje fresco y seco promedio se debió específicamente al tratamiento a1b1c2(cruza, 90-60-00, 20 ton/ha) con una producción de 24.36 ton/ha y 8.55 ton/ha respectivamente, los mínimos valores de rendimiento son 3.8 y 2.8 ton/ha en los testigos a2b0c0 y a1b0c0 de forraje fresco; de forraje seco son 1.42 y 0.93 ton/ha para a2b0c0 y a1b0c0 respectivamente. El mayor contenido de proteína cruda se dió en a2b2c2(barbecho, 120-90-00, 20 ton/ha) con un valor de 4.88 % y el menor en el testigo a2b0c0 con 0.09 %.

La mejor dosis de abono inorgánico para elevar la producción de forraje fresco y seco fué la dosis media(90-60-00) y la dosis alta(120-90-00), ambas también elevan el rendimiento de proteína cruda a diferencia del abono orgánico que en dosis alta (20 ton/ha) exclusivamente elevó el rendimiento en todos los componentes, por consiguiente las mejores interacciones de ambos factores son a2b2c2(barbecho, 120-90-60, 20 ton/ha) y a2b1c2(barbecho, 90-60-00, 20 ton/ha).

El abono mineral no actuó como sustituto del abono orgánico, sino que actuaron sinérgicamente para elevar los rendimientos, por lo tanto se concluye la eficacia del abonado mixto como una interacción positiva.

El rendimiento de forraje fresco y seco presentan una producción que disminuye con las lluvias para el segundo corte. Al relacionar el rendimiento de forraje seco con el contenido de proteína cruda, ésta última es baja en el primer corte y alta en el segundo lo contrario al peso seco; su comportamiento se relaciona con un segundo corte mas rápido al disminuir las lluvias y acelerar la floración y producción de granos que contienen mayor proteína cruda que el follaje, este componente en el primer y segundo corte es afectado de forma altamente significativa por

todos los factores e interacciones pero en mayor grado por la dosis alta de abono a2b2c2 en el primero y por a1b1c2 en el segundo.

Respecto a las labores de preparación del terreno, la cruz de barbecho no favoreció el aumento en la producción ya que la producción más alta favoreció en algunos casos a los tratamientos a los que no se les realizó dicha labor y en otros están en igual significación estadística.

En este estudio es apreciable la decisiva influencia de las condiciones meteorológicas sobre la eficacia del abonado, ya que éste se vió afectado en el segundo corte al disminuir las lluvias y por consiguiente el rendimiento. Además se pone de manifiesto que la especie forrajera *Sorghum almum* Parodi es un cultivo que produce rendimientos significativos aún en suelos poco fértiles y baja precipitación.

Es importante señalar que el manejo del suelo y de sus características tanto físicas como químicas y prácticas culturales, son muy importantes en la explicación de la variación de los rendimientos tanto, como las limitantes naturales de este recurso.

- Aguilar S.A.; B.J.O. Etchevers y R.J.Z. Castellanos (eds), 1987. *Análisis Químico para Evaluar la Fertilidad del Suelo*, Soc.Mex. de la Ciencia del suelo, México (Pub.Esp.No.1), 217p.
- Babaev A.G., 1989. *Vegetative Development of Sands and Sandy Soils in Central Asia*, Institute of Deserts, Turkmenian Academy of Sciences, No.6, Ashkhabad Turkmen SSR p.1-5
- Baver L.D.; W.H. Garder y W.R. Garder, 1991. *Física de Suelos*, México, UTEHA, 529 p.
- Belyuchenko I.S., 1992. *Low Temperature Resistance of Perennial Grasses of Different Origins*, Doklady Rossiiskoi Akademii Sel' skokhozyaistevennykh Nauk No.7, moscow Russia p. 11-17
- Belyuchenko I.S.; Podarueva V.I., 1992. *Microarthropods in Agrophytocoenoses of Perennial Gramineous Forage Plants in the South of Tajikistan*, Byulleten Moskouskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody, Biologicheskii 97(6) p.62-68 Moscow Russia
- Benedicto V. S.G.; Tovar S.J.L.; Ferrera C.R.; Martínez G.A., 1990. *Modificaciones del Régimen Hídrico y de las Características de la Humedad del Suelo por la Incorporación de Estiercol*, Agrociencia Serie Agua-Suelo-Clima Vol. 1 Num. 2 Chapingo, México p.7-19
- Bertlijn D.J., 1982. *Maquinaria para Manejo de Cultivos*, Manuales para la Educación Agropecuaria, Sep/Trillas 78p.
- Besoain E., 1985. *Mineralogía de Arcillas de Suelos*, Inst.Interamericano de cooperación para la Agricultura, San José-Costa Rica, 1205p.
- Bogdan A.V., 1977. *Tropical Pasture and Fodder Plants*: Logman Londres, 475p.
- Bohn L.H.; L.B. Mc Neal y A.G.O. Connor, 1993. *Química del Suelo* Ed.Limusa, México
- Borggaard K.O., 1992. *Disolution of Poorly Crystalline Iron Oxides in Soils by EDTA and Oxalate* Chemistry Department, Royal Veterinary and Agricultural University, 40 Boden, 155, 431-436
- Brady N.C., 1974. *The Nature Properties of Soils*, New York, Mc.Millan
- Buckkingham F., 1976. *Fundamentos de Funcionamiento de Maquinaria para Cultivo*, FMO, Ed.John Deere, Illinois, E.U.A. 367p.
- Buckman y Brady, 1977. *Naturaleza y propiedades de los suelos*, Ed.Montaner y simon S.A., España 590p.
- Buol S.W.; F.D.Hole y R.J. Mc.Cracken, 1981. *Génesis y clasificación de suelos*, Trillas, México

- Caballinas C.R.; Peñuñuri M.F.J.; Lizárraga de C.G.; Navarro P.J.; Santacruz M.I., 1984. *Influencia de la Fecha de Siembra Sobre la Calidad y Cantidad de Forraje Producido por Variedades de Sorgo Forrajero*, Tec.Pec.Mex., suplemento 11 No.125 p.10-13
- Claves para la Taxonomía de Suelos (Soil Taxonomy), Traducido por Ortiz-Solorio C.A., 1990. IMTA, Colab. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, 576p.
- Cooke G.W., 1981. *Fertilizantes y sus Usos*, 9ª Ed.C.E.C.S.A., México D.F. 180p.
- Day P.R., 1965. *Particle Fractionation and Particle-Size Analysis*, in Black, C.A., de *Methodos os soil analysis; Parte 1, Physical and mineralogical including statistic of measurement and sampling: Madinson Wisconsin, American Society of Agronomy p.545-567*
- Duchaufour P., 1984. *Edafogénesis y Clasificación*, Ed.Masson S A. 493p.
- Eguarte V.J.A.; González S.A.; Rodríguez P.C.; Hernández V.R., 1989. *Rendimiento Forrajero y Composición Química de Diferentes Variedades de Sorgos en el Sur de Jalisco*, Tec.Pec.Mex., SARH Vol.27 No.2 Mayo-Agosto No.248 p.63-69
- Etchevers B.J.D.; G. Espinoza y E.Riquelme, 1971. *Manual de Fertilidad y Fertilizantes*, Universidad de Concepción, Chillan, Chile.
- FAO-UNESCO, 1994. *Mapa Mundial de Suelos*: Rome, Food and Agriculture Organization-United Nations Educational Scientific and Cultural Organization.
- Farroq M.; Kahn P.G.; Kahn F.W., 1989. *Nutritional Evaluation of Some Selected Range Grasses*, Pakistan Journal of Forestry 39(1) 39-42 Pakistan Forest, Institute Deshawar-Pakistan
- Flores R.D., 1990. *Efecto de la Fertilización en el Rendimiento de Forraje Seco y Rendimiento de Proteína Cruda, y Distribución de Nitrógeno Total en Tres Especies de Sorgo Forrajero en Suelos del Ejido de Tepetzingo, Mor.* Inst. Geología UNAM, Contribuciones a la edafología mexicana p.49-64
- Flores R.D.; González V.A.; Alcalá M.J.R., 1990. *Rendimiento y Contenido de Fe, Zn y Mo de la Asociación Sorghum alatum/Macroptilium atropurpureum Bajo dos Métodos de Siembra y cinco Niveles de Fertilización en Tepetzingo, Mor.* Inst.Geología UNAM, Contribuciones a la Edafología México p.92-110
- Flores M.J.A., 1977. *Bromatología Animal* , Ed.Limusa, México D.F., 683p.
- Franchi A.S. De; Gherbin P.; Laroca M.C., 1995. *Cultivation of Tropical Fodder Crops on the Lonian Coastal Plain of Basilicata: preliminary remarks on adaptability to the environment, yield and quality*, Rivista di Agronomia 29(4) Dipartimento de Produzione Vegetale dell' Universata della Basilicata Italy, p. 596-603

- Gaucher G., 1971. *El suelo y sus Características Agronómicas*, Ed.Omega S.A., Barcelona-España 647p.
- González S.A.,Eguiarte V.J.A.; Rodríguez R.R.; Hernández V.R.; 1990. *Producción y Calidad de Forraje de Siete Variedades Híbridas de Sorgo*, Tec.Pec.Mex., Vol.28 No.1 Enero-Abril, No348 p.45-50
- Golovin V.P. y Varshauskaya V.T., 1994. *Columbus Grass*, Zemledelie No.1, Crimea Ukraine p.14
- Guevara G.F et-al, 1987. *Productividad y composición química de sorgos de grano y forraje en la costa de Nayarit*, Tec.Pec.Mex., Vol.25 No.2 Enero-Abril No.358 p.256-259
- Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico: *Contenido y Metodología*, 1991. 3a. ed.Madrid, España 572p
- Grande L.R., 1974. *Métodos para Análisis Físicos y Químicos en Suelos Agrícolas*, Depto. de suelos, UASLP, 73p.
- Holmes W., 1972. *El Uso del Nitrógeno en el Manejo de Pastizales para el Ganado*, Dir.Gral.de Ext.Agric., Divulg. No.3 Chapingo-México
- INEGI, 1984. *Carta Geológica*, Oaxaca E14-9,Dir.Gral.Geol., 199E, EUM., Esc: 1:250 000
- INEGI, 1984 *Carta uso del suelo y vegetación*, Oaxaca E14-9, EUM.,Esc: 1:250 000
- INEGI, 1984. *Carta Topográfica*, Oaxaca y Puebla, E14D14, Huajuapán de León Esc: 1:50 000
- Jurado G.P., 1990. *Evaluación de Especies Forrajeras Nativas e Introducidas Bajo Condiciones del Altiplano Central Mexicano*, Tec.Pec.Mex., Vol.28 No.1 Enero-Abril, p.40-44
- Jackson L.M., 1976. *Análisis Químico de Suelos*, Barcelona, Omega (3de)
- Juscáfresca B., 1979. *Forrajes, Fertilizantes y Valor Nutritivo*, Ed.AEDOS, 2a.Ed. Barcelona-España 203p
- Kennedy P.M., 1990. *Digestion and Passage of Tropical Forages in Swamp Buffaloes and Cattle*, Davies Laboratory, Division of tropical animal production, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Townsville Queensland, Australia p.21-40
- Lazarides M.; Hacker J.B.; Andrew M.H., 1991. *Taxonomy Cytology and Ecology of Indigenous Australian Sorghum (*Sorghum moench*:Andropogoneae: Poaceae)*, Australian Systematic Botany 4(4) p.591-635 Camberra Australia
- Mendoza G.T., 1992. *Monografía del Distrito de Huajuapán, Oax.*,(Sria.de Des.Econom y Soc.) Colecc.Glifo del Gob. del Edo., México Ed.Ravena 255p.

- Mejía M.M., 1971. *Nombres Científicos y Vulgares de Especies Forrajeras Tropicales*, CIAT, Colombia 75p.
- Moreno D.R., 1992. *Clasificación Tentativa Propuesta por el Autor*, México INIA, SAG
- Munsell soil color charts, 1990. *Munsell Color Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation*, Baltimore, Maryland
- Ojeda O.D., 1974. *Promedios Generales en Contenidos de Nutrientes Aprovechables y Otros Datos Calculados para los Suelos Analizados en la República Mexicana Durante 1968 a 1973*, Guanos y Fertilizantes de México, S.A. Subgerencia Técnica Agronómica. Sec. Edafología, Hoja No. 2
- Ortiz C.A., 1985. *Los Suelos Agrícolas de México*, 1a. Reunión Nacional sobre el manejo de los suelos arcillosos y su implicación en la agricultura, Memorias, Celaya Gto.
- Ovezliev A.O.; Ibragimov, A.S ; Soyunmurado V.K., 1990. *Fertilization of Perennial Sorghum on Sands*, Problems of Deserts Development, No.5, Turkmen SSR, p.59-61
- Reyes C.P., 1984. *Diseño de Experimentos Aplicados*, Ed.Trillas 3ªreim., México D.F., 344p.
- Reyes J.I., 1996. *Fundamentos Teórico-Prácticos de Temas Selectos de la Ciencia del Suelo*, Parte 1 UAM(Iztapalapa), 257p.
- Robles S.R., 1979,. *Producción de Granos y Forrajes*, Limusa, México, 591p.
- Rosas P.A.C., 1987, *Contenido y Rendimiento de Proteína Cruda de la Asociación Sorghum almum/Macropitilium atropurpureum Bajo dos Métodos de Siembra y cinco Niveles de Fertilización en el Ejido de Tepetzingo, Mor.* Tesis Biólogo, UNAM(Iztacala)
- Secretaría de Agricultura y Ganadería, 1968 *Adelantos de la Ciencia Agrícola en México*, Informe de labores del Inst.Nal.de Inv.Agric., México D.F. 606p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), 1987. *La Erosión y Conservación del Suelo en México-Realidades y Perspectivas*. Subsecretaría de Agricultura. Dirección General de Normatividad Agrícola 34p.
- SARH, 1988. *Instructivo para las Determinaciones e Interpretación de los Análisis Físicos de los Suelos Agrícolas*, México
- SARH, 1990. *Guía para Cultivar Sorgo en el Estado de Nayarit*, Nay.-México CIFAN Folleto No.4 26p.
- SARH, 1994. *Paquete Tecnológico para el Cultivo de Sorgo en la Mixteca Baja de Oaxaca*, D.D.R. No.1, Mixteca

- Segura L.R. y Rodríguez T.R., 1970. *Libro-Guía de la Excursión México-Oaxaca*, Soc.Geol.Mex., Ed.Inst. de Geofísica UNAM, México
- Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado Oaxaca,1988. *Enciclopedia de los Municipios de México*, Los municipios del estado de Oaxaca, V.20 p.12-9 y 82-88
- Sosa P.E., 1981. *Manual de Procedimientos Analíticos para Alimentos de Consumo Animal*, Chapingo, México p.60-71
- Splanger G.M. y L. Handy R., 1982. *Soil Engineerin*, Ed.Harper & Row, 4ta.Ed. N.Y., E.U A., 819P.
- Tabche B.M.L., 1987. *Rendimiento de Forraje, en Verde y en Seco, y Composición Botánica de la Asociación Sorghum alnum/Macroptilium atropurpureum Bajo dos Métodos de Siembra y cinco Niveles de Fertilización en el Ejido de Tepetzíngo, Morelos*, Tesis de Biología, CIENCIAS UNAM, 90p.
- Teuscher H. y A. Rudolph, 1979. *El suelo y su Fertilidad*, CECSA, México D.F. 510p.
- Urzua R.M., 1987. *Contenido y Rendimiento de Fósforo de la Asociación Sorghum alnum/Macroptilium atropurpureum Bajo dos Métodos de Siembra y cinco Niveles de Fertilización en el Ejido de Tepetzíngo, Mor.*, Tesis Biólogo(Ciencias) UNAM, México
- Velázquez R.A.S., 1994. *Efecto de Diferentes Cultivos Sobre la Disgregación y Alteración de Tepetates del Estado de Morelos en Condiciones de Invernadero*, Tesis Biología(Ciencias) UNAM
- Villegas S.H.N.; Aguilera y L.D. Flores, 1978. *Método Simplificado de Análisis para la Clasificación Granulométrica de los Minerales del Suelo*, Rev.Inst.Geología, UNAM 2(2):188-193
- Zebrowski, 1992. *Los suelos Volcánicos Endurecidos en América Latina*, Terra Num.Esp. Vol.10 p.

Tabla 16. Análisis de Varianza

Variables	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	X	XI
a	2.21	11.17 **	0.35	4.54 *	25.18 **	6.26 *	59.58 **	7.27 **	1.15	45.62 **	0.08
b	112.42 **	132.02 **	187.63 **	80.98 **	73.31 **	132.17 **	30.88 **	19.66 **	21.03 **	43.73 **	28.36 **
ab	0.46	0.85	0.01	0.34	2.33	0.65	7.17 **	17.81 **	25.08 **	11.53 **	20.42 **
c	153.77 **	30.14 **	143.10 **	143.34 **	15.17 **	95.07 **	37.49 **	15.4 **	38.32 **	53.81 **	23.73 **
ac	2.51	2.95	3.94 *	3.52 *	1.01	3.15	25.21 **	0.97	9.79 **	25.83 **	0.11
bc	7.49 **	1.22	3.96 **	6.15 **	0.85	3.28 *	6.62 **	2.68 *	3.12 *	13.01 **	4.42 **
abc	2.36	1.39	2.81 *	0.95	2.18	2.54	6.85 **	2.04	5.11 **	9.48 **	4.4 **
C.V. (%)	19.70	18.36	15.32	21.71	25.58	18.01	59.24	60.79	44.34	64.05	68.03

Factores:

a = Métodos de siembra

b = Niveles de fertilización

c = Niveles de abonamiento

* = Significativo al 0.05

** = Significativo al 0.01

Valores sin * son N.S. (No significativos)

I = Rendimiento de forraje fresco 1er. corte

II = Rendimiento de forraje fresco 2do. corte

III = Rendimiento de forraje fresco total anual

IV = Rendimiento de forraje seco 1er. corte

V = Rendimiento de forraje seco 2do. corte

VI = Rendimiento de forraje seco total anual

VII = Contenido de proteína cruda 1er. corte

VIII = Contenido de proteína cruda 2do. corte

IX = Contenido de proteína cruda total anual

X = Rendimiento de proteína cruda 1er. corte

XI = Rendimiento de proteína cruda 2do. corte

Tabla 17. Porcentaje de humedad

Cortes	1				2			
	I	ii	iii	iv	I	II	III	IV
a1 b0 c0	74.84	76.54	72.57	71.58	61.40	59.00	56.94	46.54
a1 b0 c1	70.19	71.22	71.42	67.63	62.67	58.47	66.07	66.87
a1 b0 c2	67.82	69.75	69.32	65.40	62.40	61.14	60.47	64.40
a1 b1 c0	78.47	61.94	74.95	67.75	59.87	54.14	57.00	59.07
a1 b1 c1	72.06	71.16	74.00	67.75	64.00	65.67	64.54	60.67
a1 b1 c2	69.60	65.23	72.97	70.63	55.87	64.14	45.54	58.87
a1 b2 c0	76.75	74.91	76.85	71.48	56.87	57.47	62.07	54.80
a1 b2 c1	70.59	71.94	72.74	70.40	62.67	60.14	66.87	64.14
a1 b2 c2	72.75	69.52	72.69	73.70	63.07	60.14	58.54	63.80
a2 b0 c0	71.55	72.87	70.40	73.04	58.07	54.80	59.34	46.67
a2 b0 c1	68.63	79.87	76.13	69.19	62.94	52.87	58.27	57.54
a2 b0 c2	66.97	70.94	68.20	63.71	55.00	60.34	61.80	53.80
a2 b1 c0	78.67	74.27	71.64	74.71	63.47	56.20	54.27	50.60
a2 b1 c1	79.70	74.36	74.32	68.40	54.27	59.80	54.87	45.67
a2 b1 c2	67.43	70.25	66.54	68.46	64.34	60.60	57.94	54.00
a2 b2 c0	71.94	74.61	69.58	69.40	57.80	53.67	56.27	45.07
a2 b2 c1	71.89	75.16	71.06	70.83	57.00	46.07	58.34	52.07
a2 b2 c2	80.18	74.49	70.17	70.07	58.20	58.20	35.60	59.34