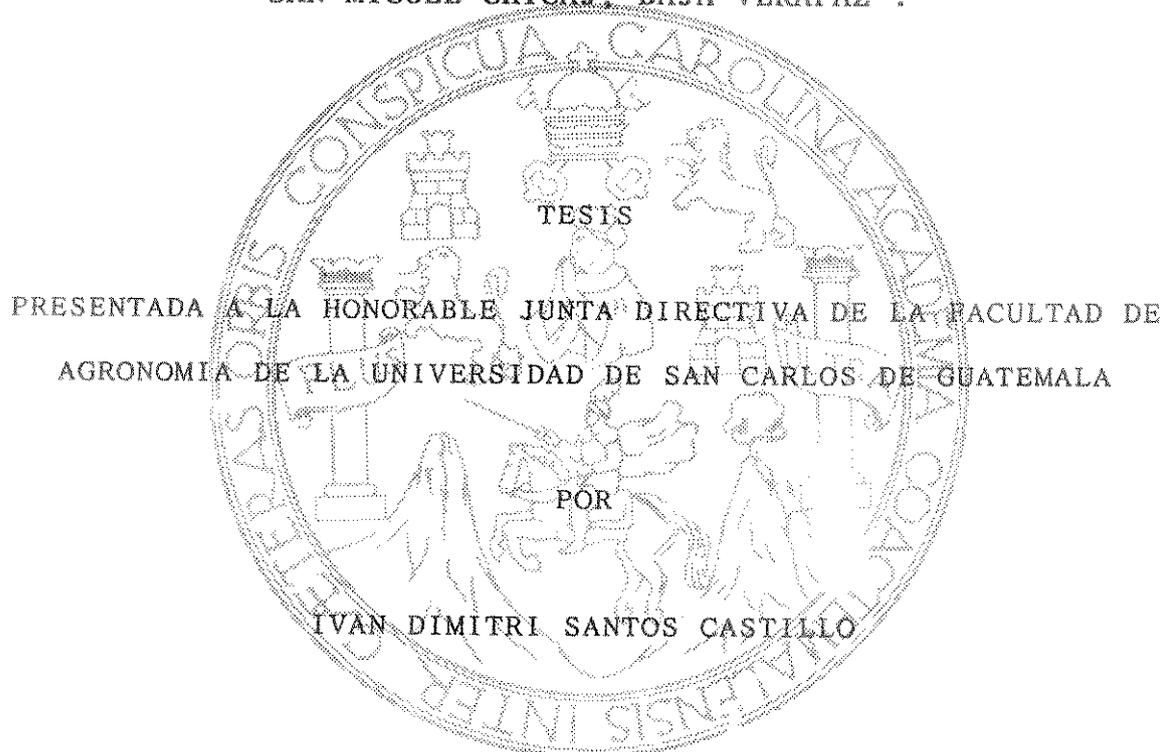


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

"RESPUESTA DE RENDIMIENTO EN GRANO DEL REBROTE DE SORGO
(*Sorghum bicolor* L. Moench.) Var. ICTA-MITLAN, A LA FERTILIZACION
NITROGENADA CON Y SIN COBERTURA EN EL SUELO, EN TRES LOCALIDADES DE
SAN MIGUEL CHICAJ, BAJA VERAPAZ".



En el acto de investidura como
INGENIERO AGRONOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, ABRIL de 1995

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. JUAN JOSE CASTILLO MONT
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. WALDEMAR NUFIO REYES
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. CARLOS ROBERTO MOTTA DE PAZ
VOCAL CUARTO:	Prof. GABRIEL AMADO ROSALES
VOCAL QUINTO:	Br. AUGUSTO SAUL GUERRA GUTIERREZ
SECRETARIO:	Ing. Agr. MARCO ROMILIO ESTRADA MUY

Guatemala, abril de 1995.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores representantes:

De conformidad con las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"RESPUESTA DE RENDIMIENTO EN GRANO DEL REBROTE DE SORGO
(*Sorghum bicolor* L. Moench.) Var. MITLAN, A LA FERTILIZACION
NITROGENADA CON Y SIN COBERTURA EN EL SUELO, EN TRES LOCALIDADES
DE SAN MIGUEL CHICAJ, BAJA VERAPAZ".

Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el presente trabajo de investigación llene los requisitos necesarios para su aprobación, es grato presentarles mi agradecimiento por la atención

Atentamente,


Ivan Dimitri Santos Castillo.

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS Fuente de Energía, Luz y Saber, que me permitio alcanzar ésta meta.

MIS PADRES Ing Agr inf. Angel Antonio Santos Girón
Estilista Profesional Maria Lourdes
Castillo de Santos, Gracias por todo el
sacrificio y apoyo en bienestar de sus
hijos.

MI ESPOSA Mónica Esmeralda Pereira de Santos, Con
mucho amor, Gracias por el apoyo y
paciencia, juntos alcanzamos la meta.

MI HIJO Ivan Dimitri Santos Pereira, Que tu vida
futura sea llena de éxitos.

MIS HERMANAS Virgi Karina y Frida Johana Santos
Castillo, con afecto especial, éxitos en su
vida profesional.

MIS ABUELAS Virgilia Girón Vda. de Santos y Concepción
Rodriguez Vda. de Castillo, Gracias por sus
oraciones y cariño recibido.

MIS ABUELOS Carlos Santos Porras (Q.E.P.D.)
Manuel Castillo (Q.E.P.D), como un recuerdo
a su memoria

MIS TIAS Y TIOS Con especial aprecio y respeto

MIS PRIMOS Y PRIMAS Con cariño especial

A MIS SUEGROS Y LA
SEÑORA FRANCISCA PEREIRA Con todo respeto y aprecio

MIS COMPAÑEROS Julio Vasquez, Mario Escobedo Lopez,
Héctor Carrillo Galicia, Oswald Chacón,
Roni Palma, Rudy Perez, Lester Orozco,
Edgar Cappa, Jhony Toledo, Mardoqueo
Escobar, Victor Batres, Ochoa Orozco, Rudy
Marroquín J. y Julio Reina.
Como muestra de amistad y recuerdo de las
experiencias compartidas

TESIS QUE DEDICO

A :

Guatemala

Zaragoza, Chimaltenango

La Universidad de San Carlos de Guatemala

La Facultad de Agronomía

La Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA)

La Escuela Normal Pedro Molina

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA)

Mis compañeros de la Promoción 86-88 de la ENCA

Los agricultores de Guatemala y especialmente a los de Baja Verapaz, donde realicé el presente estudio

RECONOCIMIENTOS

A los Ings. Agrs. Federico Castillo Pérdomo y Guillermo Méndez Beteta, por su amistad, valiosa colaboración y acertadas sugerencias aportadas durante la asesoría del presente trabajo.

Al Ing. Agr. Axel García y García, por su amistad, incondicional apoyo y sus valiosas sugerencias aportadas en la realización de éste trabajo.

Al Ing Agr. Inf. José Arnoldo Sierra Izaguirre, por su amistad, apoyo y colaboración en la fase de campo en Baja Verapaz.

Al M.C. Ing. Agr. Carlos Collado Martínez, por el apoyo logístico y de infraestructura, para la realización de la presente investigación.

A todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron para la realización de la presente investigación.

CONTENIDO GENERAL

vii

	PAGINA
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE CAUDROS	x
RESUMEN	xii
1. INTRODUCCION	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3. MARCO TEORICO	5
3.1 MARCO CONCEPTUAL	5
3.1.1 ASPECTOS GENERALES DEL CULTIVO DE SORGO	5
3.1.2 EFECTOS GENERALES DE LA FALTA DE HUMEDAD Y NITROGENO EN EL SUELO, SOBRE EL CRECIMIENTO, DESARROLLO Y PRODUCCION DEL SORGO	5
3.1.3 USO DE MANTILLO VEGETAL EN EL SUELO PARA CONSERVAR HUMEDAD	9
3.1.4 FACTORES LIMITANTES EN EL USO DE NITROGENO	12
3.1.5 FORMAS DE APLICACION DEL NITROGENO	14
3.1.6 ABSORCION Y DISTRIBUCION DEL NITROGENO EN EL SORGO	15
3.1.7 EFICIENCIA DE ABSORCION DE NUTRIENTES EN EL SORGO	16
3.1.8 NIVELES DE FERTILIZACION EN EL SORGO	16
3.1.9 VARIACIONES DE LA RESPUESTA DEL CULTIVO DE SORGO A LA APLICACION DEL NITROGENO	18
3.1.10 EFECTO DE LA CANTIDAD DE MANTILLO Y FERTILIZANTE NITROGENADO EN EL RENDIMIENTO DEL SISTEMA MAIZ-SORGO, BAJO LABRANZA CERO EN EL SALVADOR	18
3.1.11 EFECTO DE LA CANTIDAD DE MANTILLO Y NIVELES DE FERTILIZANTE NITROGENADO EN EL RENDIMIENTO DE GRANO Y RASTROJO DE MAIZ EN EL SALVADOR	19
3.2 MARCO REFERENCIAL	22
4. OBJETIVOS	23
5. HIPOTESIS	24
6. METODOLOGIA	25
6.1 MATERIAL EXPERIMENTAL	25
6.2 METODO EXPERIMENTAL	26
6.2.1 FACTORES ESTUDIADOS	26
6.2.2 DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS	27
6.2.3 MODELO ESTADISTICO	28
6.3 UNIDADES EXPERIMENTALES	29

6.3.1	DISEÑO DEL EXPERIMENTO EN EL CAMPO, DIMENSIONES Y DISTRIBUCION ALEATORIA DE LOS TRATAMIENTOS	29
6.3.2	TAMAÑO DE PARCELA	30
6.4	CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS SUELOS DE LAS LOCALIDADES BAJO ESTUDIO	30
6.5	COSECHA DEL ASOCIO MAIZ-SORGO	31
6.6	PODA O SOCA DEL SORGO Y CORTE DEL RASTROJO DE MAIZ	31
6.7	MANEJO DEL EXPERIMENTO (REBROTE DE SORGO)	32
6.7.1	LIMPIAS	32
6.7.2	COLOCACION DE LA COBERTURA	32
6.7.3	FERTILIZACION	32
6.8	MUESTREO DE HUMEDAD EN EL SUELO	33
6.8.1	METODO DE LA SONDA DE NEUTRONES	33
6.8.2	METODO GRAVIMETRICO	34
6.9	COLOCACION DE LOS PLUVIOMETROS	35
6.10	COSECHA DEL REBROTE	35
6.11	VARIABLES EVALUADAS	36
6.12	ANALISIS DE RESULTADOS	37
7.	RESULTADOS Y DISCUSION	38
8.	CONCLUSIONES	61
9.	RECOMENDACIONES	63
10.	BIBLIOGRAFIA	64
11.	APENDICE	66

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Parcela útil de cosecha y sus dimensiones	30
Figura 2	Precipitación promedio durante el ciclo del rebrote, para las tres localidades estudiadas, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz	47
Figura 3	Variación de la humedad en mm. con y sin cobertura, Las Minas, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	50
Figura 4	Variación de la humedad en mm. con y sin cobertura, El Progreso, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	50
Figura 5	Variación de la humedad en mm. con y sin cobertura, Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	50
Figura 6	Perfil de humedad en el suelo, con y sin cobertura, Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	51
Figura 7	Perfil de humedad en el suelo, con y sin cobertura, Las Minas, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	52
Figura 8	Perfil de humedad en el suelo, con y sin cobertura, El Progreso, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	52
Figura 9A	Localización de San Miguel Chicaj, Baja Verapaz	75

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Niveles de nitrógeno evaluados, en tres localidades de San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	27
Cuadro 2.	Rendimiento de grano en TM/ha, para las tres localidades, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	38
Cuadro 3.	Análisis de varianza para el rendimiento de grano en TM/ha, combinado para las tres localidades, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	39
Cuadro 4.	Comparación de medias, para rendimiento de grano por efecto de 4 niveles de nitrógeno evaluados, combinado para las tres localidades, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	40
Cuadro 5.	Resumen del análisis de varianza para el rendimiento de grano en TM/ha, para las tres localidades, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	40
Cuadro 6.	Comparación de medias para rendimiento de grano por efecto de 4 niveles de nitrógeno, Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	41
Cuadro 7.	Medias para cada componente del rendimiento de grano, Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	42
Cuadro 8.	Resumen del análisis de varianza para cada componente del rendimiento, Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	42
Cuadro 9.	Comparación de medias para el número de granos y diámetro en la panoja, por efecto de 4 niveles de nitrógeno, Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	43
Cuadro 10.	Rendimiento de materia seca en TM/ha, para las tres localidades, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	44
Cuadro 11.	Resumen del análisis de varianza para el rendimiento de materia seca en Tm/ha, para las tres localidades, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.. . . .	45
Cuadro 12.	Variación en porcentaje de la humedad volumétrica del suelo, con y sin cobertura, durante el ciclo del rebrote, en las tres localidades, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	48
Cuadro 13.	Características físicas del suelo en las tres localidades, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz	53
Cuadro 14.	Características hídricas del suelo en las tres localidades, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	54

Cuadro 15.	Análisis económico para cada nivel de nitrógeno evaluado en las tres localidades, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	59
Cuadro 16A	Análisis de varianza, rendimiento de grano en TM/ha, Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	67
Cuadro 17A	Análisis de varianza, rendimiento de grano en TM/ha, Las Minas, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	67
Cuadro 18A	Análisis de varianza, rendimiento de grano TM/ha, El Progreso, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	67
Cuadro 19A	Análisis de varianza, peso de grano (gr), Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	68
Cuadro 20A	Análisis de varianza, número de granos por panoja, Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	68
Cuadro 21A	Análisis de varianza, largo de panoja (cm), Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	68
Cuadro 22A	Análisis de varianza, diámetro de panoja (cm), Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	69
Cuadro 23A	Análisis de varianza, número promedio de panojas cosechadas, Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	69
Cuadro 24A	Análisis de varianza, rendimiento de materia seca TM/ha., Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	69
Cuadro 25A	Análisis de varianza, producción de materia seca TM/ha, Las Minas, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	70
Cuadro 26A	Análisis de varianza, rendimiento de materia seca TM/ha, El Progreso, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.	70
Cuadro 27A	Costo total de producción para rendimiento de grano en el rebrote de sorgo var. Mitlan (Q/ha), aplicando 97 kg de N/ha.	71
Cuadro 28A	Costo total de producción para rendimiento de grano en el rebrote de sorgo var. Mitlan (Q/ha), aplicando 64 kg de N/ha.	72
Cuadro 29A	Costo total de producción para rendimiento de grano en el rebrote de sorgo var. Mitlan (Q/ha), aplicando 32 kg de N/ha.	73
Cuadro 30A	Costo total de producción para rendimiento de grano en el rebrote de sorgo var. Mitlan (Q/ha), aplicando 0.0 kg de N/ha	74

"RESPUESTA DE RENDIMIENTO EN GRANO DEL REBROTE DE SORGO
(*Sorghum bicolor* L. Moench.) Var. MITLAN A LA FERTILIZACION
NITROGENADA, CON Y SIN COBERTURA EN EL SUELO, EN TRES LOCALIDADES
DE SAN MIGUEL CHICAJ, BAJA VERAPAZ".

"GRAIN YIELD RESPONSE OF SORGHUM (*Sorghum bicolor* L. Moench.)
VARIETY ICTA MITLAN TO NITROGEN FERTILIZATION AT THE SECOND SEEDLING
STAGE IN BARE AND PROTECTED SOIL SURFACE CONDITIONS IN THREE LOCATIONS
OF SAN MIGUEL CHICAJ, BAJA VERAPAZ"

RESUMEN

Geográficamente Chixolop, Las Minas y El Progreso comunidades de San Miguel Chicaj, Baja Verapaz, se encuentran ubicadas en la zona de vida del Bosque seco Sub tropical, donde se manifiesta una escasa y errática precipitación (500 mm anuales), durante el período lluvioso. En consecuencia uno de los principales problemas en su agricultura es la escasez de agua, tanto de lluvia como de fuentes para el uso de un sistema de riego.

Esta condición se ve reflejada en la poca diversidad de cultivos observados en estas comunidades, actualmente se dedican a sembrar maíz, frijol y manía obteniendo una cosecha anual. Además de los cultivos mencionados, el 95 % de los agricultores cultivan el sorgo sembrando variedades criollas de ciclo largo. Recientemente en el año de 1989 el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas ICTA introdujo la variedad insensitiva de ciclo corto (4 meses) ICTA MITLAN, la cual el 60 % de los agricultores que la utilizan, la siembran en dos épocas. De primera en el mes de mayo, asociado con maíz y cosechado a mediados de septiembre y de segunda en monocultivo a mediados de septiembre y cosechado en el mes de enero. Por la falta de humedad en la época de segunda, el cultivo se ve estresado hídricamente, unido a esto los agricultores no aplican fertilizante, en consecuencia los rendimientos se ven fuertemente reducidos en esta época de siembra provocando pérdidas económicas al agricultor. Es importante mencionar que uno de los principales cultivos en estas localidades es el sorgo, considerado de subsistencia y utilizado al

igual que el maíz en la elaboración de tortillas, atol blanco (chilate) y en algunas ocasiones como alimento para aves de corral.

Debido a la importancia de éste cultivo, las serias limitaciones hídricas que sufre en la siembra de segunda y por la falta de recomendaciones para el empleo de fertilizante especialmente el nitrógeno, se hace necesario la búsqueda de tecnologías de fácil manejo para los agricultores. Por tal razón se evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada acompañada de cobertura para conservar humedad en el suelo, en época de segunda, para estudiar su efecto en el rebrote de la variedad ICTA MITLAN. Se utilizó un diseño estadístico de Bloques al azar con arreglo en Parcelas divididas con cuatro repeticiones: Las parcelas grandes correspondieron al suelo con y sin cobertura, utilizando rastrojo de la cosecha de primera (asocio maíz + sorgo); y las parcelas pequeñas a los niveles de nitrógeno (0.0, 15.12, 29.57 y 44.68 Kg de N/ha), utilizando como fuente urea 46%. Se determinó a través del análisis de varianza, respuesta del rebrote únicamente al nitrógeno para la localidad de Chixolop, evidenciando diferencia significativa entre tratamientos para el rendimiento de grano. Las mejores medias (1.71 y 1.63 TM de grano/ha, estadísticamente iguales), se obtuvieron al aplicar 44.68 y 29.57 kg de N/ha respectivamente. Los registros de la humedad en el suelo mostraron que la mayor retención se dió en el tratamiento con cobertura en las tres localidades, siendo mínima la diferencia con respecto al tratamiento sin cobertura. Se comprobó que la respuesta del rebrote al nitrógeno en Chixolop y la diferencia de rendimientos entre localidades, estuvo influenciado principalmente por la clase textural del suelo. Económicamente para la localidad de Chixolop, la mejor rentabilidad de 54.27 al cultivar el rebrote, se obtiene al aplicar 29.57 kg de N/ha (tratamiento B3). En general y en primera aproximación se recomienda cultivar el rebrote de sorgo de la variedad ICTA MITLAN, especialmente en la localidad de Chixolop, en substitución de la siembra normal de segunda.

1. INTRODUCCION

Para Compton (8) el sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), es el quinto cultivo en importancia entre los cereales del mundo después del trigo, maíz, arroz y la cebada. La FAO en el año de 1988 reporta para Guatemala una producción de 1418 kg/ha de sorgo, con un total de 67 has. cultivadas y distribuidas en los departamentos de Jutiapa, Jalapa, Santa Rosa, Zacapa, parte de la costa sur y en Baja Verapaz; de las cuales el 72 % de estas áreas se encuentra sembrado en asocio con otros cultivos.

En las localidades de Chixolop, Las Minas y El Progreso jurisdicción del municipio de San Miguel Chicaj, Baja Verapaz, el sorgo se considera cultivo principal y de subsistencia, pues se utiliza al igual que el maíz para la elaboración de tortillas, atol blanco y en algunas ocasiones como alimento para animales y aves de corral. Estas comunidades se encuentran geográficamente ubicada en la zona del Bosque seco Sub tropical, donde se manifiesta una distribución errática y baja precipitación pluvial durante la época lluviosa, factor que afecta los rendimientos del sorgo especialmente en la siembra de segunda.

En la zona que abarcan estas 3 localidades durante el año se cultivan dos tipos de sorgo; el 60 % de los agricultores utilizan las variedades criollas sensitivas de ciclo largo (6-7 meses), sembrado en el mes de mayo, y cosechado en la segunda semana del mes de diciembre. El resto de los agricultores recientemente empezaron a utilizar la variedad insensitiva mejorada ICTA-MITLAN introducida por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas ICTA en el año de 1989. Esta variedad por ser de ciclo corto (3 a 4 meses), se siembra en dos épocas; de primera en el mes

de mayo en asocio con maíz, el cual los agricultores fertilizan con triple quince y Urea 46 % cosechándose a mediados de septiembre; y de segunda sembrado a mediados de septiembre en monocultivo, para cosecharse en la segunda semana del mes de enero. Los rendimientos en ésta época de siembra (monocultivo), normalmente son muy bajos (8-10 qq/mz equivalentes a 0.5 TM/ha), pues la humedad del suelo a partir del mes de octubre va en descenso.

Es importante mencionar que en estas comunidades no se aprovecha el rebrote del sorgo en un segundo ciclo de producción, pues en los años anteriores únicamente se conocían las variedades criollas de ciclo largo (6-7 meses). Los agricultores aun no utilizan prácticas para conservar la humedad en el suelo durante los últimos meses del año cuando se inicia la siembra de segunda, período en el cual la humedad empieza a descender por la falta de lluvias; además no aplican ningún tipo de fertilizante al cultivo durante esta época.

Considerando la problemática expuesta anteriormente y aprovechando las características de alta tolerancia a la sequía y la capacidad de rebrote que posee el sorgo principalmente en variedades mejoradas, se planteó el presente trabajo para evaluar la respuesta de rendimiento en grano del rebrote de sorgo var. ICTA-MITLAN a la fertilización nitrogenada con y sin cobertura en el suelo, en estas tres localidades de San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la zona donde se encuentran ubicadas las localidades de Chixolop, Las Minas y el Progreso del municipio de San Miguel Chicaj, B. V., uno de los principales problemas en su agricultura es la escasez de agua, tanto de lluvia como de fuentes para el uso de un sistema de riego.

Principalmente se dedican a sembrar maíz, frijol, manía y sorgo; de los primeros tres cultivos en mención se obtiene una sola cosecha por año.

Aproximadamente el 95 % de los agricultores de la zona, además del maíz, siembran sorgo, El 60 % de los mismos, cultivan variedades criollas sensitivas de ciclo largo, 6 a 7 meses, lo que les permite aprovechar un solo ciclo del cultivo (una cosecha anual); el resto de agricultores recientemente se ha dedicado a sembrar la variedad insensitiva mejorada ICTA MITLAN de ciclo corto (3 a 4 meses), que fue introducida por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas ICTA en el año de 1989. Esta variedad por ser de ciclo corto se le obtienen dos cosechas al año, la siembra se realiza en dos épocas, de primera en el mes de mayo en asocio con maíz, que regularmente se fertiliza con triple quince y Urea 46 % y se cosecha a mediados de septiembre. La siembra de segunda o relevo en monocultivo, se efectua a mediados o finales de septiembre, el cual no recibe ningún tipo de fertilizante.

En la posición geográfica donde se encuentran ubicadas estas localidades (Bosque seco Sub tropical), se manifiesta una escasa y errática precipitación durante todo el período lluvioso, a consecuencia los rendimientos del sorgo en la época de segunda se ven fuertemente reducidos, ya que en los meses cuando se realiza la siembra, la humedad en

el suelo empieza a descender por la falta de lluvias y aunado a esto los agricultores no fertilizan el cultivo por no contar con recomendaciones de fertilizantes para las condiciones edafoclimáticas de esta zona, específicamente para el cultivo de sorgo.

Es importante mencionar algunas características del sorgo como los son la resistencia a la sequía, habilidad para extraer nutrientes del suelo y la capacidad de rebrote. Bondades que hacen de este cultivo una buena alternativa para los agricultores de esta zona.

Debido a la importancia del cultivo en estas comunidades y las serias limitaciones hídricas que sufre en la siembra de segunda, se hace necesaria la búsqueda de tecnologías útiles y de fácil manejo para los agricultores, que logren de alguna manera resolver la problemática existente.

Por tales razones, en el presente trabajo se evaluó: fertilización nitrogenada acompañada de cobertura en el suelo para conservar humedad, con la finalidad de estudiar su efecto en el rebrote de sorgo de la variedad ICTA MITLAN.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Aspectos generales del cultivo de sorgo

Según House, (19), el sorgo se cultiva generalmente bajo condiciones de climas secos y calientes. Comparado con el maíz, el sorgo tiene un sistema radicular más fibroso y ramificado. Las raíces de la planta penetran un mayor volumen de suelo para obtener la humedad. El fertilizante, aun bajo condiciones de baja precipitación, estimula el desarrollo de las raíces; de aquí que las raíces tienen la hábilidad de extraer humedad de un mayor volumen de suelo. La mayor humedad así disponible a la planta, junto con la mejor fertilidad, estimulan rendimientos más altos. El sorgo tiende a detener su crecimiento durante el período seco, y lo reanuda con el regreso de la lluvia.

3.1.2 Efectos generales de la falta de humedad y nitrógeno en el suelo sobre el crecimiento, desarrollo y producción del sorgo

3.1.2.1 Agua

Compton, (8), dice que el sorgo tiene la capacidad para permanecer latente durante la sequía y seguir creciendo después, lo que le confiere una buena tolerancia a la sequía. Sin embargo, la escasez de agua es una de las causas más comunes de un área foliar reducida y está relacionada también, con los componentes de la expansión y división celular. Aunque deshidrataciones pequeñas probablemente no afecten directamente las tasas

de los procesos metabólicos, si puede esperarse efectos indirectos sobre la fotosíntesis y la respiración, ya que ambas dependen de un flujo inalterado de oxígeno y bióxido de carbono dentro y fuera de la hoja. Como este flujo libre es dependiente de la apertura estomática y ésta a su vez es controlada por la turgencia, tanto de las células de guarda de los estomas como de las otras células epidérmicas, estos dos procesos metabólicos son afectados por la deshidratación dentro de la zona de turgencia celular. Las tasas de agrandamiento foliar son más rápidas cuando los potenciales hídricos de las hojas son de -0.15 a -0.25 MPa y bajan fuertemente cuando estos potenciales hídricos están por debajo de estos valores.

Escasez moderada de agua durante la etapa de crecimiento 2, (EC 2) indicadas por las diferencias en el potencial hídrico de la hoja de solo 0.4 a 0.5 MPa de una condición sin escasez en la reducción de tasa de crecimiento de la panícula y las hojas en el número de semillas por panícula. Estos efectos se deben probablemente a una reducción en el área foliar, una resistencia estomática aumentada, fotosíntesis disminuida y la desorganización del estado hormonal de la panícula en diferenciación. Aunque la etapa de crecimiento 1 (EC 1), es menos sensible a la falta de agua que EC 2, ocurren reducciones en rendimiento por una merma en el tamaño y grado de llenado de la semilla.

Compton, (8), menciona que Eastin, 1972, reportó que el período promedio de llenado de grano fue reducido aproximadamente 20% y el rendimiento 25% bajo secano, en comparación con condiciones de riego. Bajo escasez severa de agua, cuando se baja la actividad fotosintética de la planta se aumenta mucho la contribución relativa de la panícula a la asimilación

neta. La escasez de agua en EC 3 (etapa de crecimiento tres), resulta en la senectud rápida de las hojas inferiores.

Whiteman y Wilson, 1965, mencionados por Compton, (8), encontraron que la imposición de una escasez de agua temprano en EC 1, retrasa la iniciación de la panícula y la antesís. Una escasez severa durante la elongación del pedúnculo, afecto mucho el desarrollo de la panícula; mientras que una escasez igual durante la iniciación de la panícula, redujo severamente el número de semillas. El período más sensible durante el desarrollo de la panícula (fijando el potencial del número de semillas) es la diferenciación floral, la cual ocurre alrededor de dos semanas después de la iniciación de la panícula; es decir en el medio de EC 2.

Compton, (8), al mencionar los trabajos de Doggett, 1988, en la India Balasubramanian, concluyó que el sorgo requiere de 25 mm. de lluvia después de la siembra, 250 mm. durante el crecimiento y de 25 a 50 mm. durante la madurez para producir grano. Parece que el sorgo se recupera de la marchitez mucho más rápido que el maíz; al mismo tiempo que el patrón diurno normal de los cambios estomáticos, como la toma de bióxido de carbono regresan a la normalidad prontamente.

Para House, (19), el sorgo tiene un potencial de rendimiento alto, comparable al del arroz, trigo y maíz. En condiciones de campo los rendimientos pueden llegar a superar los 11,000 kilogramos por hectárea; con rendimientos promedio que fluctúan entre 7,000 y 9,000 kg/ha, cuando la humedad no es un factor limitante. En aquellas áreas donde el sorgo es un cultivo común se obtienen rendimientos de 3,000 a 4,000 kg/ha bajo buenas condiciones, y bajan de 300 a 1000 kg/ha cuando la humedad se vuelve limitante.

3.1.2.2 Nitrógeno

Roy y Wright, 1982, mencionados por Compton, (8), dicen que se ha encontrado que el llenado del grano de sorgo está asociado con grandes reducciones en los contenidos de N total y P de las hojas y los tallos especialmente bajo condiciones de secano.

Para el mismo autor las plantas sujetas a la deficiencia de N en EC 1 producen pequeñas panículas con menos ramas primarias y secundarias y menos florecillas visibles en la emergencia de la panoja. Una deficiencia de N en EC 2 puede causar de 16 a 30 % de aborto en las florecillas iniciadas. En EC 3 la escasez de nitrógeno tiene poco efecto sobre el rendimiento de grano, sin embargo reduce fuertemente el contenido de N y consecuentemente el de proteínas del grano. Con la escasez continua de N durante todas las épocas de crecimiento, los mecanismos compensatorios de la disminución en el tamaño de la panícula junto con el aborto de las florecillas, pueden asegurar que los granos restantes tengan un contenido aceptable de nitrógeno. En los suelos deficientes de N se traslocan al grano proporciones relativas grandes de N de otras partes de la planta en EC 3.

House, (19), dice que la respuesta a la fertilización varía entre variedades diferentes. Algunas tradicionales, desarrolladas en condiciones de baja fertilidad y sequía producen de 6 a 10 kg de grano por kilogramo de nitrógeno aplicado. Mientras que las variedades que responden a altos niveles de fertilidad producen de 20 a 40 kg. de grano/kg de nitrógeno aplicado.

3.1.3 Uso de cobertura vegetal en el suelo para conservar humedad

Phillips and Phillips, 1984, mencionados por Bolaños, (4), dicen que en los sistemas de labranza de conservación, los residuos vegetales de ciclos anteriores no se incorporan completamente al suelo con los implementos agrícolas, sino que se dejan en la superficie como cobertura de protección. Hay diferencias notables en la cantidad, calidad y forma del mantillo en sistemas de labranza cero en distintas regiones del mundo. Cannell 1983 y Lal 1984 mencionados por el mismo autor, dicen que la presencia de cobertura vegetal altera muchas relaciones edáficas: a) reduce la insolación, la que hace disminuir la temperatura y por tanto la evaporación superficial; b) aumenta la materia orgánica, nutrientes y la actividad biológica cerca de la superficie; c) aísla la superficie del suelo a la atmósfera; d) reduce la tasa de escurrimiento y erosión por agua y viento; e) puede interferir con la emergencia de plántulas y f) previene la formación de costras, protegiendo la superficie del suelo del impacto de las lluvias.

3.1.3.1 Cobertura vegetal y la Infiltración en el suelo

Según Bolaños, (4), La infiltración y captación de agua es generalmente mayor en suelos bajo labranza cero por varias razones: a) por la mayor macroporosidad debido a la estructuración del suelo, fauna y raíces, lo que mejora la conductividad hidráulica; b) por el menor encostramiento superficial; c) por la presencia de cobertura que almacena una gran cantidad de agua que se percola lentamente; d) por la reducción del escurrimiento.

3.1.3.2 Cobertura vegetal y La evaporación en el suelo

Hillel, 1982, citado por Bolaños, (4), dice que la ausencia de vegetación, cuando la superficie del suelo se encuentra expuesta a la insolación, la evaporación de agua ocurre directamente del suelo. Este proceso de evaporación superficial puede consumir cantidades considerables de agua. En regiones áridas y semiáridas, la reducción de la evaporación directa del suelo es uno de los métodos más eficientes para mejorar la eficiencia de uso del agua por el cultivo. En regiones con temperatura muy alta y de lluvias frecuentes pero de poca intensidad, con cobertura vegetal insuficientes, las pérdidas por evaporación pueden ser considerables, desperdiciando agua que hubiera podido ser utilizada por el cultivo.

En suelos con cobertura, la evaporación se reduce considerablemente al disminuir la insolación y la energía incidente debido al aislamiento, por una alta humedad relativa entre cobertura y la superficie. Todos estos factores interactúan para reducir notablemente la evaporación superficial y maximizar la eficiencia del uso del agua por el cultivo.

3.1.3.3 Cobertura vegetal y El almacenamiento de agua en el suelo

Bolaños, (4), al citar a Sanchez 1976, dice que la cobertura del suelo por un mantillo vegetal incrementa la infiltración, reduce el escurrimiento, disminuye la evaporación directa, y contribuye a aumentar la disponibilidad de agua. Los cultivos bajo labranza cero con cobertura vegetal sufren menos sequía. Muchos suelos tropicales, debido a una temperatura pobre, agravada algunas veces por labranzas innecesarias, pierden hasta el 50 % del agua de las lluvias por escurrimiento debido a las tasas de

infiltración bajas. El mismo autor al mencionar a Lal 1979, dice que muchas de las lluvias en los trópicos son fuertes y de poca duración, por lo que la mayor parte de la precipitación no se almacena en el suelo y se pierde por escurrimiento. Los sistemas de labranza de conservación utilizando cobertura vegetal en el suelo aumentan notablemente la infiltración y reducen la evaporación, siendo por lo tanto, óptimo para situaciones de precipitación errática, poca profundidad radicular y síntomas de sequía.

En conclusión la labranza cero utilizando cobertura, es una práctica que aumenta la infiltración, la capacidad de almacenamiento, el volúmen de suelo infiltrado y que reduce el escurrimiento y la evaporación superficial, mejorando notablemente las relaciones hídricas. En situaciones de temporal errático, poca penetración radicular, subsuelos compactados, y alta demanda evapotranspirativa.

3.1.3.4 Cobertura vegetal y La temperatura en el suelo

En los trópicos para Lal 1976 y Sanchez 1976, citados por Bolaños, (4), la temperatura del suelo generalmente no limita la productividad agrícola. Sin embargo, en suelos arenosos tropicales y en las regiones calientes del trópico, las temperaturas pueden limitar la producción, especialmente cuando la temperatura superficial excede los 50 grados centígrados. Temperaturas altas en la superficie del suelo van acompañadas de altas tasa de evaporación. La germinación y establecimiento de muchos cultivos se ve afectado por estas temperaturas. El uso de residuos vegetales o mantillo reducen considerablemente la temperatura superficial de los suelos, obteniendo las plántulas un estado más adecuado para su desarrollo.

3.1.4 Factores limitantes en el uso del nitrógeno

3.1.4.1 Agua

Según Barber y Olson, (1), El grado de absorción de nitrógeno soluble en el suelo por las plantas depende principalmente de la disponibilidad de agua en éste. El agua esta relacionada directamente con el transporte del nitrógeno del suelo a los límites de la raíz.

Para Bartholomew, (2), dos pasos estan comprometidos en la absorción de nitrógeno del suelo por la planta. El primero, es el movimiento del nitrógeno del suelo hacia las superficies de absorción de la raíz. El segundo es la entrada de nitrógeno a la planta. En situaciones de campo, el factor más limitante para la utilización del nitrógeno por la planta es la falta de humedad del suelo para producir transporte rápido del nutriente hacia las raices. Cuando la humedad del suelo es adecuada, el movimiento del nitrógeno se realiza a través de los procesos de difusión y flujo de masa. Cuando falta la humedad, el flujo de masas se interrumpe debido a que el movimiento de agua en el suelo no ocurre.

Chandler, et al, (9), mencionan que cuando las condiciones de humedad son desfavorables, el transporte de nutrientes se detiene y la absorción de nitrógeno es igualmente restringida.

3.1.4.2 Lixiviación

Bartholomew, (2), dice que el desplazamiento vertical del nitrógeno por el agua, fuera de la zona radicular del cultivo, se denomina lixiviación.

Esta lixiviación transporta al nitrógeno hacia las aguas subterráneas y de drenaje. Este proceso de pérdida es probablemente la razón principal de la reducida utilización del nitrógeno por las plantas.

El grado y severidad de lixiviación vertical depende de la infiltración de agua en el suelo, de su capacidad de retención de humedad y de la capacidad de transpiración del cultivo que se encuentra en el sitio específico bajo estudio. En algunas regiones, las pérdidas de nitrógeno por lixiviación ocurre frecuentemente durante el crecimiento del cultivo. Estas pérdidas pueden ser seriamente aumentadas por irrigación y lluvias prolongadas.

3.1.4.3 Volatilización

Volk, citado por Hernández Díaz, (18), indicó la posibilidad de que ocurrieran pérdidas gaseosas de amonio, aún en suelos que son moderadamente ácidos o muy ácidos, cuando la capacidad de intercambio es baja.

Por la hidrólisis de la urea, el pH de los suelos, en algunos casos puede llegar hasta un pH de 9. El amonio se puede volatilizar a pH mayores de 7. Parece ser que el factor más limitante que controla la pérdida de amonio de los suelos es su capacidad de intercambio de bases. Un aumento en el pH produce un aumento a las pérdidas.

Bartholomew, (2), dice que el proceso de desnitrificación ocurre cuando el nitrógeno del suelo se convierte en óxidos gaseosos que se pierden a la atmósfera. Los microbiólogos han considerado que la reducción del nitrógeno por procesos microbiológicos constituye la forma más importante

de pérdida de nitrógeno del suelo por volatilización. La desnitrificación y otros procesos volátiles de pérdida de nitrógeno ocurren en el suelo y son responsables de la ineficiencia en la utilización de este elemento. Sin embargo, a excepción de condiciones de suelos normales, las pérdidas por volatilización generalmente son de 5 al 15 % de nitrógeno disponible en el transcurso de una estación de cultivo.

3.1.5 Formas de Aplicación de Nitrógeno

Cardona Matta, (7), al citar a Fox, menciona que las plantas absorben nitrógeno del suelo en la zona radicular. La mayoría de las raíces de los cultivos se encuentran en los 20 cms. superiores al suelo. Si durante el cultivo las condiciones de humedad son adecuadas y hay movimiento rápido del agua a través de la zona radicular, cualquiera de las formas de aplicación de nitrógeno sería adecuado. Es decir si se evita el deslave y lixiviación, y las condiciones de humedad son adecuadas, la colocación no es un factor crítico que afecte el rendimiento de las plantas, siempre que los parametros de intensidad y capacidad de población sean los adecuados para que las raíces del cultivo exploren completamente el volumen del suelo disponible.

Bronfied, (5); Browm, (6) y Enji, (11), mencionan que en algunos casos se han obtenido rendimientos máximos y pérdidas mínimas de nitrógeno, cuando el fertilizante se aplica inmediatamente antes de la etapa de crecimiento acelerado de la planta, lo cual ocurre con el maíz aproximadamente al mes de emergencia.

Pawson mencionado por Hernández Díaz, (18), encontro en Africa que el nitrógeno aplicado seis semanas después de la siembra resultaba significativamente superior al aplicado antes o al momento de la siembra. Sin embargo es evidente que el mejor sistema dependerá de las características del suelo y del régimen de lluvias para un cultivo específico. También hay que hacer notar que la aplicación de nitrógeno no se debe retardar tanto que cause daño a la plantación por insuficiencia de éste nutriente o por el equipo y/o personal que se utilice en la fertilización. Las aplicaciones tardías de nitrógeno no necesitan hacerse en bandas muy próximas a las plantas, pues el sorgo tiene un sistema radicular secundario bastante extenso. Generalmente, existe un abastecimiento generoso de nitrógeno en el suelo al principio de la estación lluviosa, pero a menudo ocurre una escasez cuando el cultivo se encuentra en sus etapas avanzadas de crecimiento.

3.1.6 Absorción y distribución de nitrógeno en el sorgo

Cardona Matta, (7), al citar a Lane y Walker dice que ellos llevaron acabo algunos experimentos con sorgo donde investigaron acumulación y distribución de nitrógeno y otros elementos a través del ciclo vegetativo de la planta. Estos autores encontraron que el sorgo seguía el mismo patrón de acumulación y distribución que se habría reportado para otros cereales, con la excepción de que éste cultivo absorbe una proporción menor de nutrientes en las primeras etapas de crecimiento, comparado con otros granos básicos. La acumulación empieza a aumentar en las primeras etapas de crecimiento y continua hasta la etapa de emergencia de la panícula, El cultivo de sorgo muestra este patrón de acumulación más claramente que el maíz. La planta de sorgo también tiene la habilidad de

acumular nitrato en las hojas jóvenes en condiciones de sequía y altas dosis de aplicación de nitrógeno, sin embargo, estas acumulaciones raramente llegan a alcanzar niveles tóxicos.

3.1.7 Eficiencia de absorción de nutrientes en el sorgo

Tucher, mencionado por Hernández Díaz, (18) dice que el sorgo tiene un sistema radicular extremadamente extenso en comparación con otros cultivos. Las numerosas raíces secundarias que posee le dan habilidad para extraer humedad y nutrientes eficientemente, principalmente en las capas superficiales del suelo.

Los agricultores han observado a través de su experiencia que el rendimiento de un cultivo que se siembra después del sorgo es más bajo que los que se obtienen en rotación con otros cultivos. Esto se puede explicar en función de la capacidad de absorción de nutrientes y humedad por ésta planta.

3.1.8 Niveles de fertilización

Las recomendaciones técnicas del programa de Sorgo del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas ICTA, (15), para este cultivo dice que únicamente debe aplicarse 65 kg/ha de urea 46 % en siembra de primera (mayo-junio) equivalente a 29.9 kg de N/ha.

Hernández Díaz, (18), estudió también en el Valle de la Fragua el efecto de la fertilización nitrogenada y diferentes formas de riego aplicados al cultivo del sorgo en un suelo Chicaj. Encontró al comparar las medias que

el mayor rendimiento se obtuvo cuando se aplicó 40 kg/ha de nitrógeno.

Morales, citado por Llano, (21), reportó un trabajo con sorgo en Nicaragua, donde encontró como nivel óptimo de fertilización nitrogenada la aplicación de 105 kg/ha de nitrógeno.

Salazar, (23), también en Nicaragua, encontró respuesta en sorgo a la aplicación de 35 a 65 kg/ha de nitrógeno.

En Guatemala, De León Prera, (20), condujo ensayos de niveles de fertilización nitrogenada en sorgo en el suroriente del país, en los cuales estima que 121 kg/ha de nitrógeno en siembras de segunda optimizan el ingreso neto que se puede obtener en la aplicación del fertilizante.

Cardona Matta, (7), estudió también en el suroriente de Guatemala el efecto del nitrógeno y su interacción con la clase de suelo en sorgo. Encontró que las diferencias observadas en los rendimientos entre las clases de suelos, parecen estar relacionadas a la textura de la capa superficial, lo cual a su vez estaría relacionado a la capacidad del suelo para la retención de humedad. Los rendimientos más bajos se obtuvieron en suelos de textura franca. Los niveles óptimos de fertilización nitrogenada obtenidos en este estudio variaron de 90 a 100 kg/ha de nitrógeno de acuerdo al tipo de suelo.

Estrada y Orellana, (12), condujeron un ensayo para evaluar el efecto del nitrógeno en sorgo, en el Valle de la Fragua, y determinaron que una dosis de 130 kg/ha de nitrógeno es la más adecuada bajo condiciones de irrigación.

3.1.9 Variaciones en la respuesta del cultivo de sorgo a la aplicación de nitrógeno

Bartholomew, (2), indica que en la mayoría de situaciones en el campo, el uso y necesidad de nitrógeno por los cultivos varía de lugar a lugar, de estación a estación y entre sistemas de manejo.

En vista de las grandes variaciones que existen entre sitios y estaciones, tanto en los rendimientos de los testigos como los óptimos, deberían hacerse evaluaciones cuidadosas de los patrones de variabilidad.

Como consecuencia de las grandes variaciones que existen entre suelos, las variaciones estacionales, la necesidad de nitrógeno y por las bajas cantidades de este nutriente aportados por los procesos naturales de abastecimiento, los especialistas en suelos y los asesores agrícolas se basan principalmente en las experiencias obtenidas a través de la investigación para obtener datos sobre las necesidades de nitrógeno, poniendo menos énfasis en los análisis de suelos.

3.1.10 Efecto de la cantidad de cobertura y fertilizante nitrogenado en el rendimiento del sistema Maíz-Sorgo, bajo labranza cero en El Salvador

Bolaños, (4), al mencionar los trabajos realizados por el CIMMYT, en las localidades de Opico y Guaymango donde se evaluaron niveles de mantillo (0 a 50 ton/ha. en incrementos de 5 ton/ha) a dos niveles de fertilización con nitrógeno 105 y 150 kg/ha, utilizando la fórmula 16-20-0 (57 kg/ha de P₂O₅) y Sulfato de Amonio. Debido a la gran variabilidad observada no se pudieron extraer conclusiones definitivas, pero se observó una tendencia

de los rendimientos a disminuir a medida que aumentan las cantidades de rastrojo.

El mismo autor, menciona que en las localidades de Opico, Metalío-Guaymango y Texistepeque se desarrolló un estudio donde se evaluaron niveles de mantillo (0, 10, 20 y 30 ton/ha), más dos testigos de nivel de mantillo del agricultor para evaluar la respuesta a dos niveles de nitrógeno (105 y 150 kg/ha). Se utilizó el híbrido de maíz H-53 y la variedad de sorgo Corona, ambos en asocio tardío.

Para este caso del sistema maíz-sorgo en Guaymango y Texistepeque se observó una tendencia del rendimiento de grano a disminuir con dosis de mantillo. Esto puede sugerir una inmovilización del nitrógeno mineral lo que puede llevar a una carencia de éste en la planta. La respuesta a la aplicación adicional de 45 kg N/ha al maíz se confirma en los tratamientos con la dosis de mantillo del agricultor para los sistemas maíz-sorgo (0.13 y 0.14 ton/ha respectivamente para Guaymango y Texistepeque).

3.1.11 Efecto de la cantidad de cobertura y niveles de fertilizante nitrogenado en el rendimiento de grano y rastrojo de maíz en El Salvador

Bolaños, (4), menciona que en el año de 1991 se realizaron seis experimentos en tres áreas: Metalío-Guaymango, Texistepeque y Opico Quetzaltepeque, donde se evaluaron cuatro niveles de mantillo (0, 10, 20 y 30 ton/ha), más dos testigos de nivel de mantillo del agricultor para evaluar la respuesta a dos niveles de nitrógeno (105 y 150 kg/ha), utilizando el híbrido de maíz H-53.

La evaluación de los rendimientos de maíz combinados a través de las

localidades sugieren que existió una tendencia de los rendimientos a aumentar en relación a dosis de mantillo. Sin embargo, esta diferencia es pequeña (0.19, 0.28 y 0.46 ton/ha, respectivamente para 10, 20 y 30 ton/ha de mantillo y no fue detectable estadísticamente). Sin embargo, hay que tener en cuenta que los rendimientos promedios variaron ampliamente a través de localidades (2.26 - 4.58 ton/ha).

Al interpretar el análisis combinado es importante enfatizar que los tratamientos de mantillo para cada sistema de producción involucraban la utilización de los residuos de cosecha disponibles en cada localidad. En el caso de Opico se utilizaron residuos de cosecha de maíz y frijol, mientras que en Guaymango y Texistepeque se utilizaron residuos de maíz y sorgo. Lo anterior pudo resultar en la composición variable de C/N de los rastrojos aplicados. El equilibrio de las relaciones de mineralización e inmovilización de nitrógeno dependen en parte del grado de descomposición del mantillo superficial el cual depende a su vez de la relación C/N. Asimismo hay que tener en cuenta que estas evaluaciones se realizaron a una dosis relativamente alta de N fertilizante (150 kg/ha).

Una manera de interpretar la presencia de una respuesta en rendimiento a dosis de mantillo es asumiendo que la descomposición del residuo e inmovilización de N en presencia de 150 kg urea-N/ha, permitió de alguna manera un mejor ambiente de desarrollo al cultivo.

La tendencia de las seis observaciones sugiere que el mantillo funcionó mejor en localidades que tenía alguna marginalidad en términos de su potencial de rendimiento para el ciclo 1991. Asimismo se observó una tendencia similar para la producción de rastrojo por el maíz indicando una

relación aditiva en estos dos componentes. Estas observaciones preliminares sugieren que las respuestas a la aplicación de mantillo tienen mayor probabilidad de ser positivas a medida que los rendimientos medios son menores.

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Area Experimental

3.2.1.1 Localización y Características

El estudio se llevó a cabo en las localidades de Chixolop, Las Minas y El Progreso, ubicadas en el municipio de San Miguel Chicaj, Baja Verapaz. Según De la Cruz, (10), la zona de vida donde se encuentran ubicadas estas comunidades corresponde al Bosque seco Subtropical, la cual posee un patron de lluvias que varían entre 500 y 1000 mm. de precipitación anual. La ubicación geográfica y las características climáticas de cada localidad se describen a continuación:

Localidad	Coordenadas		Altura msnm	Temp °C	Prec mm	Humed Rel
	Latitud N	Longitud W				
Chixolop	15°07'35"	90°26'35"	995	23.21	700	74.2
Las Minas	15°08'35"	90°27'14"	1040	23.21	700	74.2
El Progreso	15°07'35"	90°22'41"	910	23.21	700	74.2

Fuente: Diccionario Geográfico de Guatemala, (17); e INSIVUMEH, 1992.

Según Simmons et al, (24), los suelos que predominan en las localidades de Chixolop y Las Minas pertenecen a la serie Chicaj, con textura Franco Arcillosa, poco profundos, mal drenados, desarrollados en un clima seco, sobre ceniza volcánica cementada de grano fino.

En El Progreso predomina la serie Salamá, con textura Franco Arenosa fina, poco profunda, excesivamente drenado, desarrollado sobre ceniza volcánica pomácea cementada y en un clima seco.

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Evaluar la respuesta de rendimiento en grano del rebrote (o soca) de sorgo var. ICTA-MITLAN, en época de segunda, utilizando fertilizante nitrogenado y cobertura para conservar humedad en el suelo; en tres localidades de San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

4.2 ESPECIFICOS

4.2.1 Evaluar el efecto de cuatro niveles de fertilizante nitrogenado (0.00, 15.12, 29.57 y 44.68 kg de N/ha.), con y sin cobertura, a través del rendimiento en grano del rebrote de sorgo variedad ICTA-MITLAN.

4.2.2 Elaborar una curva del comportamiento de la humedad del suelo con y sin cobertura a diferentes profundidades, durante el ciclo del rebrote.

4.2.3 Evaluar la rentabilidad del cultivo del rebrote de sorgo.

6.2 METODO EXPERIMENTAL

El experimento obedeció a un diseño en BLOQUES AL AZAR CON ARREGLO EN PARCELAS DIVIDIDAS. Los terrenos en las localidades donde se efectuó el experimento presentan pendientes que van del 1 al 2 %, por tal motivo el bloqueo se realizó perpendicular a la gradiente, a nivel de parcela grande y de surcos en las parcelas chicas.

6.2.1 Factores estudiados

6.2.1.1 Factor: A (parcela grande)

Correspondió a los tratamientos suelo con cobertura y sin cobertura. El material utilizado como cobertura para conservar la humedad en el suelo fué el rastrojo de la cosecha anterior, (asocio maíz-sorgo de primera), el cual se colocó en forma mezclada entre los surcos.

6.2.1.2 Factor: B (parcela chica)

Correspondió a los tratamientos con fertilizante nitrogenado, en forma de urea 46 % del cual se evaluó cuatro niveles; fraccionado en dos aplicaciones. En la primera se utilizó el 75 % de la cantidad total de cada tratamiento y en la segunda el 25 % restante (ver cuadro 1).

Cuadro 1 Niveles de nitrógeno evaluados, en tres localidades de San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

TRATAMIENTOS		Gramos/Postura		Gramos totales por postura
Kg N/ha = Kg Urea/ha		1ra.Fert.	2da.Fert.	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.12	32.86	2.25	0.75	3.00
29.57	64.28	4.50	1.50	6.00
44.68	97.14	6.75	2.25	9.00

El rango de tratamientos evaluados se tomó en base a las recomendaciones del Programa de Sorgo del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas ICTA, que recomienda 65 kg/ha de urea 46 %, equivalente a 29.9 kg/ha de nitrógeno para sorgo en siembra de primera.

6.2.2 Descripción de los tratamientos evaluados

A 1	B1	Con Cobertura y	0.00 kg de N/ha.
	B2	Con Cobertura y	15.12 kg de N/ha
	B3	Con Cobertura y	29.57 kg de N/ha
	B4	Con Cobertura y	44.68 kg de N/ha
A 2	B5	Sin Cobertura y	0.00 kg de N/ha.
	B6	Sin Cobertura y	15.12 kg de N/ha
	B7	Sin Cobertura y	29.57 kg de N/ha
	B8	Sin Cobertura y	44.68 kg de N/ha

6.2.3 Modelo Estadístico

DISEÑO EN BLOQUES AL AZAR CON ARREGLO EN PARCELAS DIVIDIDAS.

$$Y_{ijk} = U + B_i + \alpha_j + E_{ij} + \tau_k + E_{jk} + E_{ijk}$$

en donde:

- U = Valor de la media general de rendimiento.
 B_i = Efecto del i-ésimo bloque.
 α_j = Efecto del j-ésimo tratamiento.
 E_{ij} = Error experimental asociado a la parcela grande (error a).
 τ_k = Efecto del k-ésimo nivel de fertilizante nitrogenado (parcela chica).
 E_{jk} = Efecto de la interacción entre el j-ésimo método con y sin cobertura del suelo y el k-ésimo nivel de fertilizante nitrogenado.
 E_{ijk} = Error experimental asociado a la parcela chica (error b).

DISEÑO EN BLOQUES AL AZAR CON ARREGLO EN PARCELAS DIVIDIDAS COMBINADO.

$$Y_{ijkl} = U + B_i + \alpha_j + \theta_l + E_{ijl} + \tau_k + E_{jk} + \theta_{\alpha lj} + \theta_{\tau lk} + \theta_{\alpha \tau ljk} + E_{ijkl}$$

en donde:

- U = Valor de la media general de rendimiento.
 B_i = Efecto del i-ésimo bloque.
 α_j = Efecto del j-ésimo tratamiento.
 θ_l = Efecto de la l-ésima localidad.
 E_{ijl} = Error experimental asociado a la parcela grande (error a).
 τ_k = Efecto del k-ésimo nivel de fertilizante nitrogenado (parcela chica).
 E_{jk} = Efecto de la interacción entre el j-ésimo método con y sin cobertura del suelo y el k-ésimo nivel de fertilizante nitrogenado.
 θ_{αlj} = Efecto de la interacción entre la l-ésima localidad y el j-ésimo método con y sin cobertura.
 θ_{τlk} = Efecto de la interacción del k-ésimo nivel de fertilizante nitrogenado y la l-ésima localidad.
 θ_{ατljk} = Efecto de la l-ésima localidad, j-ésimo método con y sin cobertura y el k-ésimo nivel de fertilizante nitrogenado.
 E_{ijkl} = Error experimental asociado a la parcela chica (error b).

6.3 UNIDADES EXPERIMENTALES

Las dimensiones de las 8 parcelas grandes fué de 72 metros cuadrados (5.0 * 14.4 m.) cada una y divididas a la vez en 4 parcelas chicas de 18 metros cuadrados (5.0 * 3.60 m.) cada una, haciendo un total de 32 unidades experimentales. La separación entre bloques y calles en el experimento fué de 1.0 m. El área total del experimento constó de 720 metros cuadrados (ver inciso 6.3.1, diseño en el campo).

6.3.1 Diseño del experimento en el campo, dimensiones y distribución aleatoria de los tratamientos

Sin Cobertura				Con Cobertura			
408	407	406	405	404	403	402	401
7	8	5	6	3	4	1	2

Con Cobertura				Sin Cobertura			
301	302	303	304	305	306	307	308
1	2	3	4	8	5	7	6

Sin Cobertura				Con Cobertura			
208	207	206	205	204	203	202	201
7	5	8	6	3	4	2	1

1.0 m. calle

Con Cobertura				Sin Cobertura			
101	102	103	104	105	106	107	108
1	2	3	4	5	6	7	8

[_____ [14.4 m] _____]

[3.6m]

[_____ [28.8 m] _____]

6.3.2 Tamaño de Parcela útil

Cada unidad experimental constó de cuatro surcos. Para la cosecha se trabajó con la parcela útil, dado que el rendimiento de grano por unidad de área fué la variable de mayor interés, con dimensiones de 7.20 metros cuadrados (4.0 * 1.8 m.). Se cosecharon los dos surcos centrales, los cuales median 4.0 m. de largo, dejando un borde 0.5 m. por lado (1 planta), ver figura 1.

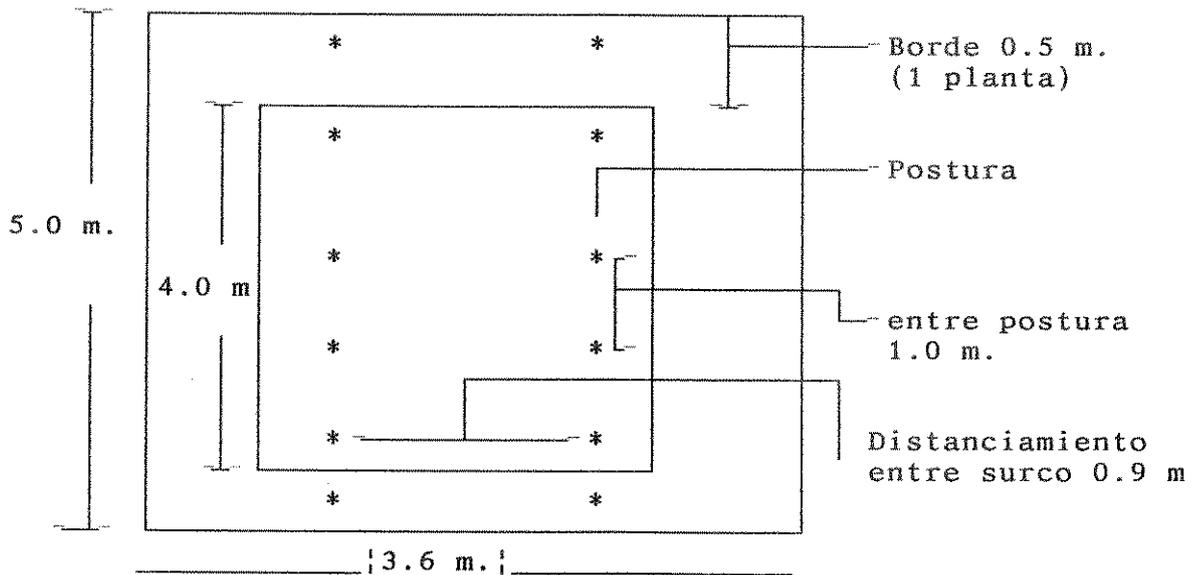


Figura 1. Parcela útil de cosecha y sus dimensiones.

6.4 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y FÍSICAS DE LOS SUELOS DE CADA LOCALIDAD ESTUDIADA

Para establecer algunas de las características físicas y químicas de los suelos en cada localidad, se realizó un muestreo en la tercera semana de agosto de 1993. Las muestras se analizaron en el laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas ICTA, de la ciudad capital y los resultados se detallan a continuación:

LOCALIDAD	TEXTURA	pH	% M.O.	ppm Meq/100 de suelo			
				P	K	Ca	Mg
Chixolop	Franco Arc.	5.8	1.01	3.0	180	4.81	2.65
Las Minas	Frc. Arc Aren.	5.8	1.01	1.2	176	3.18	1.06
El Progreso	Franco Aren.	5.9	1.28	3.6	269	3.93	1.05

Fuente: Laboratorio de Suelos, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas ICTA, 1993.

El fósforo (P), se encontró deficiente, para todas las localidades por debajo del nivel crítico (7 ppm para granos básicos); en cuanto al Potasio (K), se encontró por encima del nivel crítico (160 ppm para granos básicos). En lo que se refiere al Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), estos elementos se encontraban también por encima de los niveles requeridos por el cultivo. El contenido de materia orgánica (M.O.%), de estos suelos se considera bajo (mayor de 2 % se considera normal).

6.5 COSECHA DEL ASOCIO MAIZ-SORGO DE PRIMERA

La cosecha se realizó el 20 de septiembre de 1993. Para fines de referencia se tomó datos de rendimiento del grano tanto de maíz como de sorgo, con un contenido de humedad al 15 %.

6.6 PODA O SOCA DEL SORGO Y CORTE DEL RASTROJO DE MAIZ

Esta práctica se realizó dos días después de la cosecha del asocio maíz-sorgo. El sorgo se podó, dejando una altura de 10 cms. de tallo del suelo. Luego se cortó el rastrojo de maíz que también se utilizó como material de cobertura. El peso de la cantidad de rastrojo tanto de maíz como de sorgo que colocó en las parcelas que estuvieron bajo condición de suelo con

cobertura, fué de 1.97 tm/ha y 2.69 tm/ha respectivamente. Estos datos se tomaron como referencia para éste y futuros trabajo de investigación.

6.7 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.7.1 Limpias

Se realizaron dos en forma manual utilizando azadón. La primera en todo el experimento, un día después de la cosecha y previo a colocar el material de cobertura (rastrajo), y la segunda a los 25 a 30 días después de la primera.

6.7.2 Colocación de la Cobertura

Se realizó tres días después de la cosecha, y se cubrió colocando en forma mezclada el rastrajo de maíz y sorgo lo más homogéneo posible en el área de cada unidad experimental bajo condición de cobertura.

6.7.3 Fertilización

La fertilización con nitrógeno se hizo con Urea 46 %, en forma dirigida (por postura), aproximadamente a 10 cms. de la planta y una profundidad de 10 a 15 cm, con chuzo.

Los tratamientos evaluados fueron 0.0, 32.86, 64.28 y 97.15 kg/ha de urea, los cuales se fraccionaron en dos aplicaciones. La primera fertilización se hizo a los cuatro días después de la cosecha de primera, usando el 75 % de la urea total de cada tratamiento y en la segunda el 25 % restante,

a los 30 días después de la primera aplicación.

De acuerdo al análisis químico de laboratorio realizado al suelo de cada localidad, observamos que el fósforo era deficiente en todas las localidades, por tal motivo se adicionó 45 kg/ha de este elemento en forma de Triple superfosfato, juntamente con la primera aplicación de nitrógeno.

6.8 MUESTREO DE HUMEDAD EN EL SUELO

Para verificar el comportamiento de la humedad en el suelo, durante el período que duró el experimento, se utilizaron los métodos Gravimétrico y La Sonda de Neutrones principalmente.

6.8.1 Método de la Sonda de Neutrones

Con éste método se llevó a cabo el registro de la humedad en el suelo durante el ciclo del rebrote; para lo cual se instalaron 4 tubos de aluminio, dos en los tratamientos con cobertura y los otros dos en los tratamientos sin cobertura, hasta una profundidad de 1.10 m. Se tomaron lecturas con el aparato a cada 20 cms. en cada tubo, con un intervalo de 8 días, iniciando el 18 de noviembre de 1993 debido ha que se manifestaron algunas lluvias en los días anteriores (ver fig. 2), por tal razón el suelo se encontraba a capacidad de campo, finalizando el 13 de enero de 1994.

El propósito fundamental del monitoreo de la humedad fué para conocer el comportamiento hídrico del suelo con y sin cobertura durante el ciclo del rebrote, desde que se iniciara la sequía hasta la cosecha, bajo las

condiciones de las localidades en estudio, en ambos tratamientos (con y sin cobertura), hasta una profundidad de 1.10 m, zona donde se encuentra la mayoría de las raíces de éste cultivo. Con los resultados se obtuvo un perfil de humedad en el suelo para cada localidad y además en forma descriptiva la tendencia de la humedad con respecto al tiempo, ambos en los tratamientos con y sin cobertura.

6.8.2 Método Gravimétrico

Este método por ser directo, nos sirvió para obtener muestras de suelo a partir de la fecha cuando se inicio la toma de humedad con la sonda de neutrones, para medir la cantidad de humedad en el suelo, con el propósito de calibrar la Sonda de Neutrones para verificar la confiabilidad de los datos obtenidos con éste aparato. Las muestras se obtuvieron con un barreno tipo Holandes, a cada 20 cms. hasta una profundidad de 1.10 m. y la cantidad de humedad se obtuvo utilizando la metodología ya establecida para éste método.

Se abrió una calicata en el sitio del experimento en cada localidad, con dimensiones de 1 * 1.20 * 1.10 m., se midió el espesor de cada horizonte y al mismo tiempo a las muestras que se tomaron se les práctico análisis mecánico con el método de Boyoucus para determinar la textura de cada uno. También con el método del cilindro de volúmen conocido se tomó muestra de cada horizonte a las cuales se les determinó su densidad aparente. Las fórmulas que se utilizaron para los análisis son las siguientes:

$$HP = \frac{PSH - PSS}{PSS} * 100$$

HP = Humedad ponderal en %
 PSH = Peso de suelo humedo
 PSS = Peso de suelo Seco

$$Dap = \frac{P}{V}$$

Dap = Densidad aparente gr/cc.
 P = Peso de suelo seco (horno
 105 °C * 24 horas)
 V = Volumén del cilindro

$$HV = HP * Dap$$

HV = Humedad volumétrica
 HP = Humedad ponderal
 Dap= Densidad aparente

6.9 COLOCACION DE PLUVIOMETROS

Con el propósito de registrar los posibles eventos de lluvia se colocó un pluviómetro en cada localidad a partir del mes de septiembre de 1993. Las lecturas se realizaron todos los días a las 7 de la mañana.

6.10 COSECHA DEL REBROTE

La cosecha se llevó a cabo los días 19, 20 y 21 de enero de 1994, en Chixolop, Las Minas y El Progreso respectivamente.

6.11 VARIABLES EVALUADAS

Dado que el rendimiento de grano por unidad de área es la variable de mayor interés, se evaluó:

- a) Rendimiento de grano en kg/ha. al 15 % de humedad.
- b) Producción de rastrojo al 30 % de humedad

Para el caso de la localidad de Chixolop, donde los tratamientos presentaron diferencia significativa entre el rendimiento por efecto del nitrógeno, se analizaron los componentes del rendimiento para verificar en cual de estos causó efecto este factor.

- a) Peso de grano: Se escogieron al azar cinco panojas de cada tratamiento, de las cuales se tomaron 1000 granos (al 15 % de humedad) para obtener un peso promedio de grano en grs.
- b) Número de granos por panoja: Para obtener este dato, se escogieron al azar cinco panojas, las cuales se desgranaron conjuntamente, para luego pesar el grano al 15 % de humedad y utilizando la fórmula que se presenta a continuación:

$$\text{No. de granos} = \frac{\text{Peso de 5 panojas (gr)}}{5 * \text{Peso promedio de 1 grano (gr)}}$$

- c) Diámetro y largo de panoja: Se escogieron al azar 10 panojas de cada unidad experimental, a las cuales se les tomó su respectivo diámetro y largo promedio de cada una
- d) Número de panojas cosechadas

6.12 ANALISIS DE RESULTADOS

6.12.1 Estadístico

Se práctico un análisis de varianza (ANDEVA), combinado através de localidades e individualmente para cada localidad. Para los factores evaluados que presentaron diferencia significativa, en éste caso el nitrógeno, se realizó su correspondiente prueba de medias, utilizando el método L. S. D. (MINIMA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA) al 0.05 % de significancia.

6.12.2 Económico

Para obtener la rentabilidad de los factores evaluados, y en este caso particular para los niveles de nitrógeno, el análisis económico se hizo en base a los costos totales de producción, individualmente para cada localidad.

7. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 RENDIMIENTO DE GRANO

En el cuadro 2 se puede observar las medias de rendimiento de grano, para las tres localidades estudiadas.

Cuadro 2 Rendimiento de grano en TM/ha, para las tres localidades, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

TRATAMIENTOS	CHIXOLOP	LAS MINAS	EL PROGRESO
Con cobertura y 0.0 kg N/ha	1.29	1.41	0.75
Con Cobertura y 15.1 kg N/ha	1.17	1.54	0.71
Con Cobertura y 29.6 kg N/ha	1.69	1.34	0.95
Con Cobertura y 44.7 kg N/ha	1.76	1.45	0.96
Sin Cobertura y 0.0 kg N/ha	1.37	1.06	0.79
Sin Cobertura y 15.1 kg N/ha	1.56	1.15	1.15
Sin Cobertura y 29.6 kg N/ha	1.57	1.38	0.87
Sin Cobertura y 44.7 kg N/ha	1.65	1.33	0.92

Puede notarse que los mayores rendimientos se obtuvieron en la localidad de Chixolop, en una posición intermedia Las Minas y los menores en la localidad de El Progreso.

observamos también que los mayores rendimientos para las tres localidades se obtuvieron en el tratamiento con cobertura y 44.7 kg de N /ha y los menores cuando no se aplicó nitrógeno, indiferentemente de con o sin cobertura.

Con la intención de verificar si existe alguna diferencia significativa entre localidades como entre los tratamientos evaluados, se procedió primeramente a realizar el análisis de varianza en forma combinada para las tres localidades, el cual se puede observar en el cuadro 3.

7.1.1 ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO PARA RENDIMIENTO DE GRANO

Cuadro 3 Análisis de varianza para rendimiento de grano en TM/ha, combinado para las tres localidades, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

FUENTE DE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	F Calc	Pr > F
Localidad	2	6.550	3.275	14.1953	0.0002 **
Factor A	1	0.001	0.001	0.0046	NS
Loc * A	2	0.209	0.104	0.4523	NS
Error	18	4.153	0.231		
Factor B	3	0.615	0.205	3.0412	0.0366 **
Loc * B	6	0.451	0.075	1.1138	0.3666 NS
A * B	3	0.191	0.064	0.9437	NS
Loc * A * B	6	1.012	0.169	2.5016	0.0829 NS
Error	54	3.641	0.067		
Total	95	16.822			

CV = 21.01 %

** = significativo

NS = no significativo

El análisis muestra que existe significancia para el factor B o sea diferencia significativa entre los niveles de nitrógeno. En cuanto al Factor A o sea cobertura y la interacción de los factores (A*B), el modelo indica que no hay significancia entre tratamientos, por lo tanto los factores actuaron independientemente.

También se puede observar que existe diferencia significativa entre localidades, condición que sugiere realizar un análisis estadístico individualmente para cada localidad, el cual que se puede ver en el subinciso 7.2.2.

Cuadro 4 Comparación de medias, para rendimiento de grano por efecto de 4 niveles de nitrógeno evaluados, combinado para las tres localidades, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

TRATAMINETOS Kg de N/Ha		MEDIAS TM de grano/ha.		
44.68	B4	1.32		a
29.57	B3	1.30		a
15.12	B2	1.21		b
0.00	B1	1.11		b

Metodo LSD al 0.05 % de significancia

El análisis muestra que de las cuatro medias de rendimiento se forman dos grupos, de los cuales los tratamientos B4 y B3 (aplicando 44.68 y 29.57 Kg/ha de N respectivamente) presentan las medias más altas de rendimiento y que los mismos son estadísticamente iguales, pero diferentes a los tratamientos B2 y B1 que presentan las medias más bajas, que son estadísticamente iguales.

7.1.2 ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE GRANO POR LOCALIDAD

En el cuadro 5 observamos un resumen del análisis de varianza para el rendimiento de grano, para cada localidad, los análisis completos se pueden observar en los cuadros 16A, 17A y 18A del apéndice.

Cuadro 5 Resumen del análisis de varianza para el rendimiento de grano en TM/ha, para las tres localidades, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

FUENTE VARIACION G.L.	CHIXOLOP		LAS MINAS		EL PROGRESO	
	F.C.	F.T.	F.C.	F.T.	F.C.	T.T.
Repeticiones	3	5.68 0.01	5.23 0.01		1.61 0.22	
Factor A	1	0.37 0.55 NS	1.47 0.24 NS		1.39 0.25 NS	
Error	3					
Factor B	3	3.70 0.03 **	0.26 0.85 NS		1.19 0.34 NS	
A * B	3	1.45 0.26 NS	2.02 0.15 NS		2.89 0.16 NS	
Error	18					
Total	31	C.V. 18.32 %	C.V. 22.09 %		C.V. 23.08%	

Para las tres localidades, el análisis indica que los tratamientos con y sin cobertura (Factor A parcelas grandes), estadísticamente son iguales. Sin embargo, si bien estadísticamente no hay diferencia significativa, en forma general los mayores rendimientos de grano se obtuvieron con el tratamiento (A1B4) Con Cobertura y aplicando 44.68 kg de N/ha (cuadro 2). Se puede observar que el rebrote mostro respuesta al nitrógeno únicamente en la localidad de Chixolop, evidenciando diferencia significativa entre los niveles de nitrógeno, por lo cual se procedió a realizar la correspondiente prueba de medias L.S.D. (Minima Diferencia Significativa), (cuadro 6). Notamos también que no existió diferencia significativa entre tratamientos para la interacción de los factores evaluados (nitrógeno y cobertura), de lo cual se puede deducir que los factores actuaron independientemente.

Cuadro 6. Comparación de medias para rendimiento de grano por efecto de 4 niveles de nitrógeno, Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

TRATAMIENTOS		MEDIAS	
Kg de N/ha		Kg de grano/h&a.	
44.68	B4	1.71	a
29.57	B3	1.63	a
15.12	B2	1.36	b
0.00	B1	1.33	b

Método LSD al 0.05 % de significancia

La prueba de medias permitió establecer que los tratamientos B4 y B3, son equivalentes entre sí, los cuales presentan las medias más altas de rendimiento (1.71 y 1.63 respectivamente), que son estadísticamente diferentes a los tratamientos B2 y B1, los cuales presentan las medias de rendimiento más bajas.

Después de observar que existió diferencia significativa en rendimiento entre los niveles de nitrógeno, para la localidad de Chixolop y que los tratamientos B4 y B3 son iguales entre sí pero estadísticamente diferentes

al resto, se realizó un análisis de varianza para los componentes del rendimiento, con el propósito de verificar cual de estos afectó el rendimiento.

7.1.3 ANALISIS DE VARIANZA PARA LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE GRANO, CHIXOLOP, SAN MIGUEL CHICAJ, B. V.

En los cuadros 7 y 8 se presenta las medias de los componentes de rendimiento y su respectivo análisis de varianza en resumen, los análisis completos se pueden observar en los cuadros 19A al 23A del apéndice.

Cuadro 7 Medias para cada componente del rendimiento de grano, Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

TRATAMIENTOS	Peso de grano (gr)	# de granos por panoja	Largo de panoja (cm)	Diámetro de panoja (cm)	No. promedio de panojas cosechadas
Con Cobertura y 0.0 kg N/ha	0.022	1673	19.75	6.77	26
Con Cobertura y 15.1 kg N/ha	0.022	2121	19.25	7.15	35
Con Cobertura y 29.6 kg N/ha	0.023	2077	18.25	7.70	37
Con Cobertura y 44.7 kg N/ha	0.023	2574	21.00	8.20	43
Sin Cobertura y 0.0 kg N/ha	0.022	1994	19.00	5.25	39
Sin Cobertura y 15.1 kg N/ha	0.022	1799	20.25	6.42	33
Sin Cobertura y 29.6 kg N/ha	0.022	2009	20.00	7.72	34
Sin Cobertura y 44.7 kg N/ha	0.023	2068	19.50	8.02	35

Cuadro 8 Resumen del análisis de varianza para cada componente del rendimiento, Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	Peso de grano (gr)		# de granos por panoja		Largo de panoja cm.		Diámetro de panoja cm.		No. promedio de panojas cosechadas	
		F.C.	F.T.	F.C.	F.T.	F.C.	F.T.	F.C.	F.T.	F.C.	F.T.
Repeticiones	3	4.02	0.02	0.71	0.21	0.42	0.74	0.33	0.80	0.36	0.78
Factor A	1	0.32	0.58 NS	0.35	0.37 NS	0.38	0.54 NS	38.86	0.51 NS	0.01	0.95 NS
Error a	3										
Factor B	3	0.54	0.66 NS	2.62	0.05 *	1.41	0.26 NS	94.77	0.01 *	1.77	0.19 NS
Error b	18										
Total	31	C.V. 5.48 %		C.V. 19.81 %		C.V. 12.96 %		C.V. 3.83 %		C.V. 15.38 %	

* = Significativo
 NS = No Significativo
 CV = Coeficiente de Variación

En el cuadro 7 notamos que las medias de cada componente muestran el mismo comportamiento, obteniéndose las mayores en el tratamiento con cobertura y aplicando 44.68 kg de N/ha.

Por otra parte, el análisis de varianza (cuadro 8), muestra que únicamente hubo diferencia significativa entre los niveles de nitrógeno para el número de granos por panoja y diámetro de panoja. Para verificar la diferencia entre tratamiento se procedió a realizar la correspondiente prueba de medias para los componentes antes mencionados.

Cuadro 9 Comparación de medias para el número de granos y diámetro en la panoja, por efecto de 4 niveles de nitrógeno, Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

TRATAMIENTOS Kg N/ha.		MEDIAS No. de granos/panoja		MEDIAS Diámetro de panoja	
44.68	B4	2365	a	8.82	a
29.57	B3	1971	b	7.71	b
15.12	B2	1961	b	6.78	c
0.00	B1	1833	c	6.01	d

Método L.S.D. al 0.05 % de significancia.

En el cuadro anterior se puede observar que el tratamiento B4, estadísticamente presenta diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos presentando la mayor media para ambos componentes de rendimiento (mayor número de granos y diámetro por panoja).

Notamos también que los tratamientos B3 y B2 para el número de granos por panoja son estadísticamente iguales pero diferentes al tratamiento B1 que presenta la menor media. En cuanto al diámetro de panoja todos los tratamientos son diferentes, obteniéndose las menores medias con el tratamiento B1 (0.0 kg de N/ha).

los diferentes tratamientos de los factores evaluados en cada localidad.

7.3.1 PRECIPITACION DURANTE EL CICLO DEL REBROTE

Como se mencionó en el planteamiento del problema, la escasez de lluvias en esta región es severa casi en toda la época lluviosa, tanto por la distribución errática como por los pocos milímetros de lluvia que caen en esta zona, agudizándose aun más en los meses de octubre, noviembre y en diciembre, mes en el cual ya no se observa lluvia alguna.

Tradicionalmente los agricultores en la siembra de primera, el sorgo lo cultivan en asocio con maíz, el cual recibe fertilización, en este caso se fertilizó aplicando a los 15 días después de la siembra 6 qq/ha de triple 15 y a los 45 días después de la siembra 3 qq/ha de Urea 46 %, práctica que realizan comunmente los agricultores de esta zona. Al momento de la cosecha (siembra de primera), se obtuvo una producción promedio de 1.96 TM/ha de grano en Chixolop, Las Minas y El Progreso.

En los resultados de la investigación se pudo observar en el rendimiento de grano para cada una de las localidades, que las medias más altas de rendimiento no superan a los rendimientos de primera, mismos que fueron influenciados principalmente por la falta de lluvias en la siembra de segunda, período en el cual se evaluó el rebrote, aunado a este factor la humedad en el suelo después de las últimas lluvias, empezó a descender aceleradamente provocado por las altas temperaturas y lógicamente por el agua que consumió el rebrote.

En cuanto al registro de la precipitación que se llevó a cabo durante el

crecimiento, en adelante éste se surtió de la humedad que el suelo de cada localidad pudo retener y además por el buen establecimiento y anclaje de las raíces del cultivo.

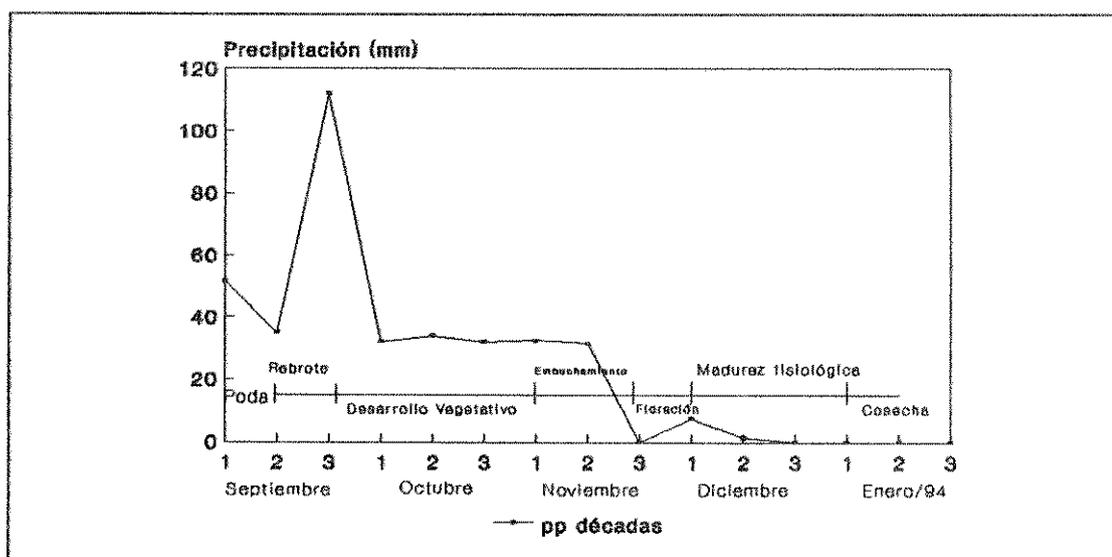


Figura 2 Precipitación promedio para las tres localidades, durante el ciclo del rebrote, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

En la gráfica podemos apreciar las diferentes fases de desarrollo del rebrote, notamos que después de la poda durante la fase vegetativa, fué el período en el cual recibió la mayor cantidad de lluvia, lógicamente ésta humedad y el buen establecimiento de las raíces del cultivo, permitieron al rebrote llegar a las últimas fases de producción, prácticamente en la ausencia de lluvias.

Aproximadamente al inicio del embuchamiento y la floración (período reproductivo), el rebrote sufragó la necesidad de agua únicamente con la

la humedad que el suelo de cada localidad pudo retener, consecuencia que se vio reflejada en la gran diferencia de rendimientos entre cada localidad, resultados que se discutieron anteriormente.

7.3.2 REGISTROS DE LA HUMEDAD EN EL SUELO, A PARTIR DE LAS ULTIMAS LLUVIAS

7.3.2.1 VARIACION DE LA HUMEDAD EN EL SUELO CON RESPECTO AL TIEMPO

Los resultados del registro de la humedad en el suelo con la sonda de neutrones, durante el ciclo del rebrote para las tres localidades, se presenta en el cuadro 12.

Cuadro 12 Variación en porcentaje de la humedad volumétrica del suelo, con y sin cobertura, durante el ciclo del rebrote, en las tres localidades, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

		FECHAS DE MUESTREO																	
		18/11/93	26/11/93	02/12/93	10/12/93	16/12/93	23/12/93	30/12/93	06/01/94	13/01/94									
prof		CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC	CC	SC
CHIXOLOP																			
110		11.16	18.75	11.25	18.59	11.15	18.36	10.91	18.23	11.02	17.86	10.77	18.73	10.54	17.59	10.51	17.69	10.95	13.66
90		14.54	15.58	14.23	15.36	14.28	15.09	13.81	14.91	13.96	14.43	13.75	15.48	13.42	12.97	12.98	12.92	13.58	11.59
70		19.65	8.76	19.57	8.33	19.62	8.07	18.72	7.93	18.54	7.28	18.37	6.42	17.59	6.19	17.31	5.77	17.44	3.71
50		19.74	5.96	19.54	5.01	18.91	4.32	18.51	4.22	18.35	3.8	17.57	5.06	17.01	3.05	16.54	2.49	16.92	1.41
30		12.71	13.35	11.98	11.66	11.08	10.8	12.69	10.33	9.48	9.57	11.83	11.76	16.72	8.51	7.81	7.59	8.27	0.59
LAS MINAS																			
110		20.91	10.08	22.32	8.96	24.77	9.61	20.57	9.59	20.51	9.51	20.05	9.21	20.53	8.87	20.11	8.91	19.91	8.63
90		21.43	13.83	24.76	10.55	25.33	13.21	20.93	13.29	20.96	13.24	20.37	12.43	20.42	12.08	20.11	11.49	19.73	11.07
70		21.97	14.11	20.56	10.71	26.51	13.11	21.54	12.93	21.29	12.62	20.56	11.85	20.79	11.12	20.19	11.02	19.55	10.62
50		14.99	15.49	11.78	11.41	18.42	14.67	14.09	14.71	13.54	14.29	12.26	13.31	12.12	12.93	11.67	13.17	11.29	12.72
30		15.51	15.01	12.77	9.68	19.21	12.87	14.02	13.41	13.45	13.01	12.29	12.11	12.15	11.64	11.75	11.53	11.41	11.54
EL PROGRESO																			
110		13.57	4.46	13.11	4.85	12.85	4.29	12.58	4.07	12.4	3.83	11.36	3.61	10.31	3.49	9.11	3.17	8.21	2.01
90		11.19	5.23	10.88	5.93	10.39	4.97	9.92	4.46	9.44	4.24	8.54	4.01	6.97	3.78	5.49	3.44	3.01	2.21
70		10.61	5.57	10.09	6.06	9.73	5.13	9.01	4.45	8.61	4.87	7.48	4.06	5.43	3.87	4.12	3.31	2.99	2.14
50		8.68	5.99	5.26	4.91	7.57	5.43	6.82	4.02	6.23	4.65	4.89	4.19	2.58	4.06	2.01	3.31	1.25	2.01
30		9.01	6.19	8.09	4.31	7.24	5.01	6.41	4.63	5.81	4.09	4.46	3.55	3.11	3.41	2.19	2.71	1.25	1.58

CC = Con Cobertura
SC = Sin Cobertura

Se puede observar que existe diferencia de humedad entre los tratamientos con y sin cobertura, y la mayor cantidad se retuvo en el tratamiento con cobertura, siendo mínima la diferencia entre ambos tratamientos, condición que se vio reflejada en el análisis estadístico, el cual mostro que los tratamientos con y sin cobertura son iguales.

También podemos notar que la cantidad de humedad que retuvo el suelo en El Progreso a partir de las últimas lluvias es mínima en relación a la cantidad que almacena el suelo de las otras dos comunidades, esto vino a repercutir provocando stress hídrico expresado por la planta, primero al no existir respuesta del rebrote a ninguno de los factores evaluados y segundo los rendimientos de grano en forma general se redujeron la mitad si comparamos las medias que se obtuvieron para las otras dos localidades.

Los resultados discutidos anteriormente se pueden apreciar mejor en la variación de la humedad en el suelo con y sin cobertura con respecto al tiempo para cada una de las localidades, figuras 3,4 y 5.

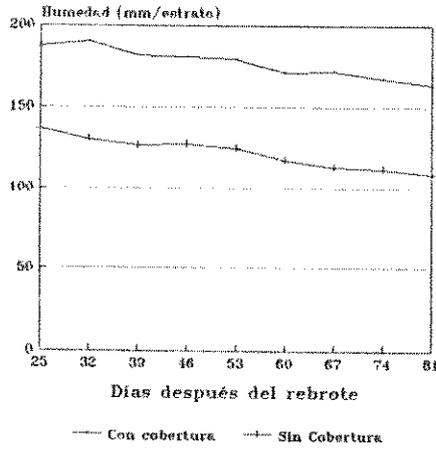


Figura 3 Variación de la humedad en mm con y sin cobertura, Las Minas, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

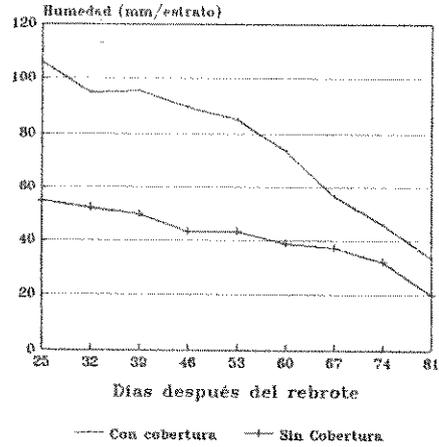


Figura 4 Variación de la humedad en mm con y sin cobertura, El Progreso, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

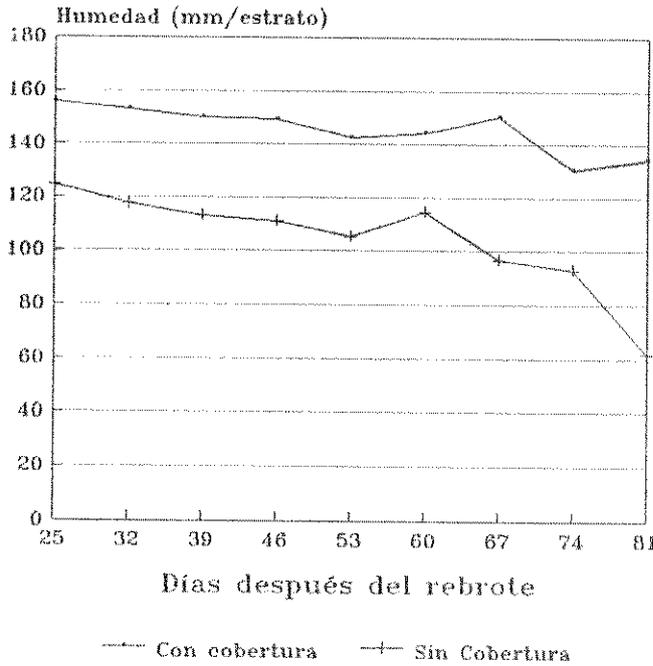


Figura 5 Variación de la humedad en mm con y sin cobertura, Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

7.3.2.2 PERFIL DE HUMEDAD EN EL SUELO CON Y SIN COBERTURA

En las figuras 6,7 y 8 podemos apreciar los tratamientos con y sin cobertura para las tres localidades, apreciamos que la mayor humedad en el suelo se retuvo a partir de los 50 cms. de profundidad en los tratamientos con cobertura. En cuanto al suelo sin cobertura, la distribución de la humedad fue homogénea en todo el perfil durante el ciclo del rebrote.

Notamos también que en ambos tratamientos en los primeros estratos (0-50 cms.) existió menos humedad, debido principalmente a que en ésta zona se concentra buena cantidad de raíces del cultivo y además por la constante evapotranspiración del mismo.

Este esquema nos ayuda a inferir que la cobertura colocada no influyo directamente en la retención de la humedad al menos en los primeros 50 cms. de profundidad, pero si contribuyó a mantener la humedad evitando la evaporación violenta en los estratos inferiores.

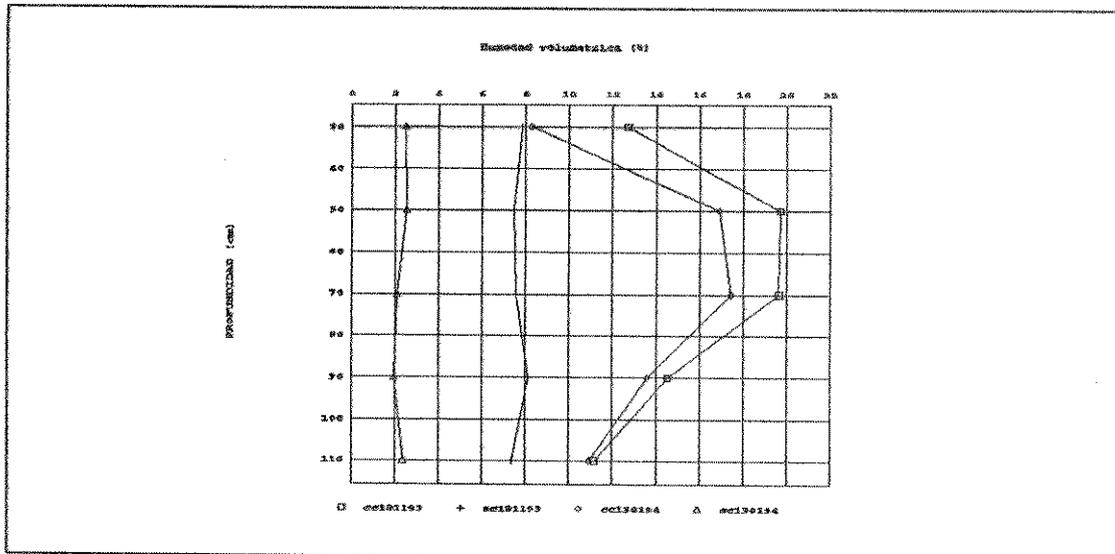


Figura 6 Perfil de humedad en el suelo con y sin cobertura, Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Biblioteca Central

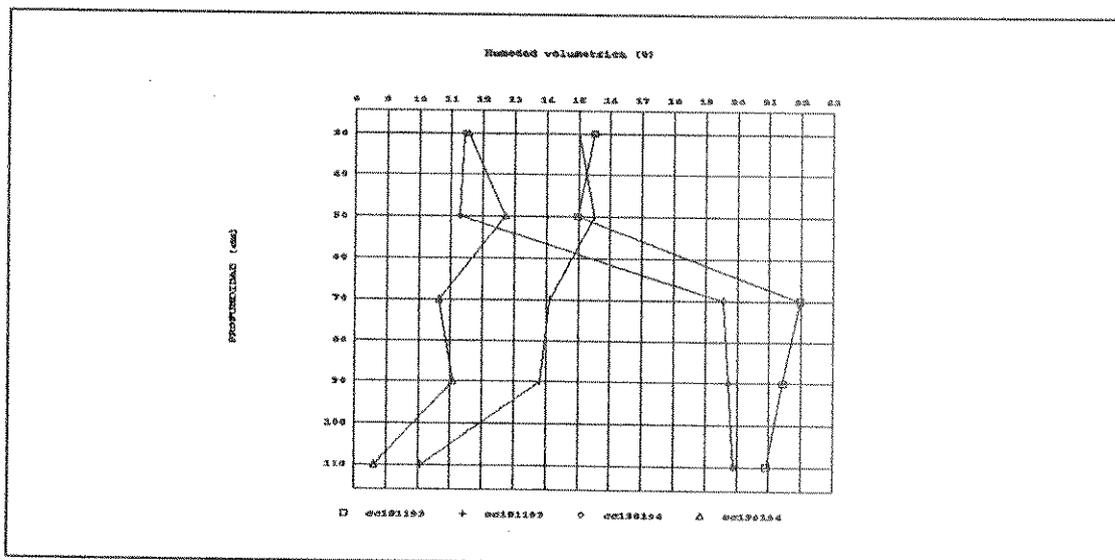


Figura 7 Perfil de humedad en el suelo con y sin cobertura, Las Minas, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

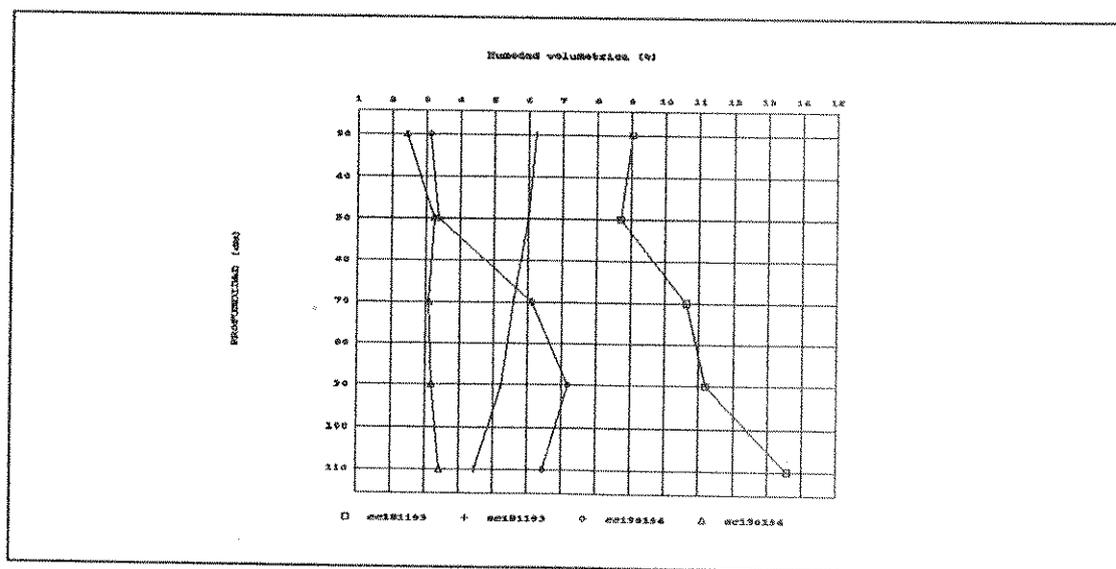


Figura 8 Perfil de humedad en el suelo con y sin cobertura, El Progreso, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

7.3.3 CARACTERISTICAS FISICAS E HIDRICAS DEL SUELO EN CADA LOCALIDAD

Debido a la gran diferencia encontrada entre las características texturales e hídricas en los suelos de estas localidades, se discutirá individualmente.

Para comprender mejor los resultados del comportamiento de la humedad en el suelo, al inicio del experimento se abrió una calicata por localidad, hasta una profundidad de 1.10 metros, para conocer las características físicas e hídricas de estos suelos, las cuales se pueden apreciar en los cuadros 13 y 14 respectivamente.

CUADRO 13 Características físicas del suelo en las tres localidades, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

Prof cm.	Textura	% Arcilla	% Limo	% Arena	Dap gr/cc
Chixolop					
0-30	Franco Aren	16.17	28.62	55.21	1.36
30-50	Franco Arci	31.14	25.38	43.48	1.29
50-83	Arcilla	54.15	19.10	26.75	1.21
83-110	Arcilla	42.54	28.83	28.63	1.23
Las Minas					
0-50	Franco Aren	15.76	30.46	53.78	1.34
50-110	Fran-Arc-Aren	24.43	25.04	50.55	1.24
El Progreso					
0-45	Franco Are	15.78	39.56	44.66	1.02
45-110	Franco Are	10.26	45.18	44.56	0.85

CUADRO 14 Características hídricas del suelo en las tres localidades, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

Profundidad (cm)	HV (%)		mm/estrato	
	CC	PMP	RU	RFU
	1/3 at	15 at		
Chixolop				
0-30	18.47	9.08	28.20	18.80
30-50	28.65	16.38	24.54	16.36
50-83	48.97	28.03	69.08	46.05
83-110	47.41	27.16	34.42	22.95
Las Minas				
0-50	17.18	8.63	42.75	28.50
50-110	24.86	14.68	50.89	33.93
El Progreso				
0-45	16.54	9.95	29.65	19.77
45-110	11.18	7.12	22.33	14.88

FUENTE: Laboratorio de suelos DIRYA, 1993.

CC = Capacidad de Campo
 PMP = Punto de marchitez permanente
 RU = Reserva de agua utilizable
 RFU = Reserva de agua fácilmente utilizable

Para la localidad de Chixolop hasta la profundidad de 1.10 m. que alcanzó la calicata (cuadro 13), se encontraron cuatro estratos, de los cuales el primero con un espesor de 30 cm., presentó textura franca y en las siguientes 3 profundidades la textura cambió de franca a completamente arcillosa.

Por otra parte las características hídricas entre el punto de marchitez permanente (PMP) y la capacidad de campo (CC), para este suelo, nos muestra que la reserva utilizable (RU) y la reserva fácilmente utilizable de agua (RUF) son altas para cada uno de los estratos, lo que le confiere

a los suelos de esta localidad una gran capacidad de almacenar humedad en cada uno de sus estratos, funcionando como una excelente bodega de agua disponible para el cultivo por un período largo de tiempo.

Esta condición nos da la pauta que la humedad percibida por el suelo después de las últimas lluvias, le permitió al rebrote en primer lugar aprovechar de mejor forma el nitrógeno aplicado en cada uno de los niveles evaluados y al mismo tiempo para que subsistiera gran parte del ciclo sin recibir lluvias, respuesta que se manifestó con la diferencia de rendimiento de grano entre los niveles de nitrógeno evaluados.

Es importante resaltar que aunque el tratamiento con cobertura no mostró diferencia significativa con respecto al tratamiento sin cobertura, tanto estadísticamente como en el monitoreo de la humedad, la cantidad que retuvo el suelo por sus características texturales principalmente, le fue suficiente para aprovechar el nitrógeno.

En cuanto a las características físicas de los diferentes estratos encontrados en la calicata hecha en Las Minas, podemos notar dos estratos, predominando textura franca arenosa y franca arcillo- arenosa, con alta cantidad de arena.

Las características hídricas, entre el punto de marchitez permanente (PMP) y la capacidad de campo (CC) para este suelo, nos muestran que la reserva utilizable (RU) y la reserva de agua fácilmente utilizable (RFU) son menores comparado con los suelos de Chixolop en cada uno de sus estratos.

En El Progreso se encontraron dos estratos, de los cuales el primero con un espesor de 45 cm., con una textura franca arenosa y densidad aparente de 1.02 gr/cc, en el siguiente estrato, de los 45 cm hasta 110 cm, la textura se mantiene casi con las mismas características cambiando ligeramente la densidad aparente que es de 0.85 gr/cc siempre con predominio de una alta cantidad de arena y limo.

Las características hídricas para este suelo, nos muestran que la reserva utilizable (RU) y la reserva de agua fácilmente utilizable (RFU) son bajas para cada uno de los estratos, lo que le confiere a los suelos de ésta localidad una capacidad muy baja para almacenar humedad.

Tomando en cuenta estas características para el suelo de Las Minas y El Progreso nos damos cuenta que poseen una baja y muy baja capacidad para almacenar humedad por mucho tiempo y al mismo tiempo son susceptibles a perder fácilmente el agua y los nutrientes especialmente el nitrógeno tanto por lixiviación como por volatilización.

Al analizar en una forma general las tendencias de los resultados para los factores evaluados (Cobertura y Nitrógeno), se pudo observar que en forma individual, para el caso de la localidad de Chixolop hubo respuesta del cultivo a la aplicación del nitrógeno y que las mejores medias se obtuvieron con los dos niveles más altos de nitrógeno y las menores con el tratamiento donde no se aplicó nitrógeno. De igual manera para las otras dos localidades aunque no existió diferencia significativa entre los tratamientos para ninguno de los factores evaluados, se pudo observar la misma tendencia de las medias de rendimiento, obteniéndose las mejores siempre con el nivel de fertilizante más alto y las menores con el

tratamiento donde no se aplicó nitrógeno.

El análisis combinado a través de localidades, mostró la misma tendencia al obtenerse únicamente respuesta del cultivo a la aplicación del nitrógeno y las mejores medias se obtuvieron siempre con el más alto nivel de nitrógeno y las menores con el tratamiento donde no se aplicó nitrógeno.

Se observó también en forma general en el monitoreo de la humedad, que los tratamientos con cobertura para cada una de las localidades, retuvieron mayor cantidad de humedad en el suelo, pero la diferencia con respecto a los tratamientos sin cobertura es mínima, razón por la cual podemos deducir que la cobertura de maíz + sorgo (4.66, 4.73 y 6.21 TM/ha de rastrojo) aplicada en Chixolop, Las Minas y El Progreso respectivamente, no fue suficiente para crear una mayor diferencia en la retención de humedad en el suelo al menos en los primeros 30 cm, en función del aprovechamiento del nitrógeno por las plantas.

Para el caso de las características físicas e hídricas en el suelo de cada localidad, se pudo observar en Chixolop, que el suelo posee una gran capacidad para almacenar humedad dándole mayor oportunidad al rebrote para que soporte períodos largos de sequía, y además que exista la probabilidad que los fertilizantes aplicados, en este caso el nitrógeno no se lixivie y volatilice fácilmente, favoreciendo al cultivo para aprovecharlo de mejor forma.

Por el contrario, en la localidad de El Progreso, las características físicas e hídricas que presentan estos suelos le confieren una baja

capacidad de retención de la humedad, condición que provoca la fácil pérdida de nutrientes especialmente el nitrógeno, por los fenómenos de lixiviación y volatilización, lo que afectó fuertemente al rebrote que en este caso se vió estresado hídricamente, consecuencia que se reflejó al no mostrar respuesta a los factores evaluados, principalmente con el nitrógeno que no fue aprovechado por la planta. Por otro lado, al hacer una comparación, los rendimientos para ésta localidad representan la mitad de los obtenidos en las otras localidades.

En el caso de Las Minas, el suelo presenta características menos favorables que en Chixolop, ya que texturalmente se corre el riesgo de que exista lixiviación por la fácil percolación del agua y evaporación por las altas temperaturas, lo cual se reflejó en los resultados al no existir respuesta del cultivo a ninguno de los factores evaluados.

Al hacer una comparación entre los rendimientos de cada localidad, se pudo observar en el cuadro de rendimiento de grano, que las mejores medias se obtuvieron en la localidad de Chixolop, en una posición intermedia Las Minas, y en El Progreso los menores rendimientos, mismos que estuvieron influenciados en primer lugar por la poca precipitación que recibió durante el tiempo que duro el ciclo del rebrote, principalmente en la fase reproductiva (embuchamiento y floración) período en el cual la planta necesita una mayor cantidad de agua; unido a ésto la gran diferencia que existe entre las texturas de cada suelo que de alguna manera influyeron directamente por la cantidad de humedad almacenada en cada uno.

7.4 ANALISIS ECONOMICO

En el cuadro 15 se presenta el resumen del análisis económico efectuado para cada uno de los niveles de nitrógeno individualmente para cada localidad. En los cuadros del 27A al 30A del apéndice se encuentran los costos de producción los que sirvieron para obtener la rentabilidad de los niveles evaluados.

Cuadro 15 Análisis económico para cada nivel de nitrógeno evaluado en las tres localidades, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

TRATATAMIENTOS. Kg de N/Ha	REND. (Tm/Ha)	C.T.P (Q/Ha)	I. B. (Q/Ha)	I. N. (Q/Ha)	RENTABILIDAD (%)
CHIXOLOP					
44.7 B4	1.71	645.50	1881.00	1235.00	52.24
29.6 B3	1.63	615.50	1750.00	1134.00	54.27
15.1 B2	1.36	585.50	1500.00	914.00	64.02
00.0 B1	1.33	535.50	1450.00	914.50	58.55
LAS MINAS					
44.7 B4	1.39	645.50	1529.00	883.50	73.06
29.6 B3	1.36	615.50	1496.00	880.50	69.90
15.1 B2	1.35	585.50	1485.00	899.50	65.09
00.0 B1	1.24	535.50	1364.00	828.50	64.63
EL PROGRESO					
44.7 B4	0.94	645.50	1034.00	388.50	60.19
29.6 B3	0.91	615.50	1001.00	385.50	62.63
15.1 B2	0.93	585.50	1023.00	437.50	74.72
00.0 B1	0.77	535.50	847.00	311.50	58.57

CTP = Costo total de producción

IB Ingreso bruto = Rendimiento * El precio del producto/qq

IN Ingreso Neto = IB - CTP

Rentabilidad = IN/CTP * 100

Precio de sorgo = Q 50.00/qq

En el cuadro anterior observamos que las rentabilidades para cada uno de los niveles de nitrógeno son altas para todas las localidades. Este comportamiento tiene una explicación lógica ya que al momento de calcular los costos totales de producción (cuadros 27A al 30A) observamos que los únicos gastos fuertes que se realizan para cultivar el rebrote es el fertilizante que se aplica y en los gastos indirectos con el arrendamiento de la tierra, ya que este cultivo no presenta ningún tipo de problemas con plagas y enfermedades que obliguen el uso de pesticidas que puedan subir los costos de producción.

Individualmente para Chixolop podemos observar que el tratamiento B3, aplicando 29.6 kg de N/ha, presenta la mejor rentabilidad comparado con el tratamiento B4, aunque el ingreso neto (I.N.) sea un tanto menor que el del nivel B4, aplicando 44.7 kg N/ha. En general, a medida que el nivel de fertilizante baja la rentabilidad aumenta, pero el ingreso neto baja debido a que la producción disminuye.

Para Las Minas y El Progreso, observamos que la diferencia entre las rentabilidades para cada nivel de nitrógeno es mínima. Por consiguiente para estas localidades se puede cultivar el rebrote sin fertilizarlo.

8. CONCLUSIONES

- 8.1 Estadísticamente se detectó respuesta del rebrote de sorgo Var. ICTA MITLAN, a la aplicación del nitrógeno, únicamente en la localidad de Chixolop; evidenciando diferencia significativa entre tratamientos para el rendimiento de grano. Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula para los niveles de nitrógeno.
- 8.2 Al comparar las medias, los mejores rendimientos de grano (1.71 y 1.63 TM/ha, estadísticamente iguales), se obtuvieron al aplicar 44.68 y 29.57 Kg de N/ha respectivamente.
- 8.3 En cuanto a los componentes de rendimiento evaluados para la localidad de Chixolop, estadísticamente se detectó diferencia significativa entre los niveles de nitrógeno, para el número de granos por panoja, y diámetro de panoja. Obteniendose las mejores medias al aplicar 44.68 y 29.57 Kg de N/ha respectivamente.
- 8.4 Los registros de la humedad en el suelo mostraron que la mayor retención se dió en el tratamiento con cobertura para las tres localidades a partir de los 50 cm de profundidad, siendo mínima la diferencia en comparación al suelo sin cobertura.
- 8.5 Para el rendimiento de materia seca, estadísticamente se detecto que todos los tratamientos son iguales, para las tres localidades.

- 8.6 Los mayores rendimientos de grano se obtuvieron en la localidad de Chixolop, en una posición intermedia Las Minas y los menores en El Progreso.
- 8.7 Se evidenció que la respuesta del rebrote al nitrógeno en Chixolop y la diferencia en rendimientos de grano y materia seca (rastrojo), observado entre localidades, estuvo influenciada principalmente por la clase textural del suelo.
- 8.8 Para Las Minas y El Progreso, las mejores medias de rendimiento de grano se obtuvieron en el tratamiento con cobertura y aplicando el nivel más alto de nitrógeno (44.68 kg/ha).
- 8.9 económicamente para la localidad de Chixolop, la mejor rentabilidad de 54.27 % , se obtiene al aplicar 29.57 Kg de N/ha (tratamiento B3). En cuanto a las otras dos localidades, cualquier nivel de fertilizante se puede utilizar ya que existe una mínima diferencia entre la rentabilidad de ambos niveles aplicados.

9. RECOMENDACIONES

El presente trabajo, se considera uno de los primeros estudios sobre este tema en Guatemala, especialmente en lo que se refiere al rebrote de sorgo en ésta región; en tal sentido las recomendaciones que se exponen, a continuación tienen validez únicamente para las condiciones edafoclimáticas donde se desarrolló la investigación.

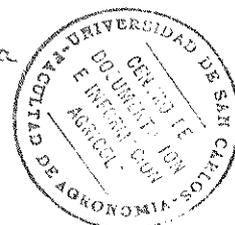
- 9.1 En primera aproximación se recomienda cultivar el rebrote de sorgo de la variedad ICTA MITLAN, especialmente en la localidad de Chixolop, en substitución de la siembra normal de segunda.
- 9.2 Para los agricultores que pretendan cultivar el rebrote, se recomienda utilizar rastrojo de la cosecha de primera como cobertura en el suelo, con fines de retención de humedad, principalmente en las localidades de Las Minas y El Progreso.
- 9.3 Para los agricultores de Chixolop que pretendan cultivar el rebrote y tengan la capacidad económica para fertilizarlo, se recomienda utilizar 29.57 kg de N/ha equivalentes a 64.28 kg de Urea 46 %/ha. Para las otras localidades cultivar el rebrote sin fertilizarlo, cuidando siempre que el sorgo en la siembra de primera reciba la cantidad adecuada de fertilizante.
- 9.4 Realizar diferentes trabajos de investigación principalmente en las localidades de El Progreso y Las Minas, donde se evalúe una mejor distribución espacial del sorgo y maiz (asocio) en la siembra de primera, con intención de mejorar los rendimientos de grano y rastrojo para aplicar una mayor cantidad de cobertura en el suelo al cultivar el rebrote.

10. BIBLIOGRAFIA.

1. BARBER, S.A.; OLSON, S.A. 1968. Changing patterns in fertilizer use. Madison, Wisconsin, E.E.U.U., L.B. Nelson SSSA. p. 163-88.
2. BARTHOLOMEW, W.V. 1972. El nitrógeno del suelo; proceso de abastecimiento y requerimiento de los cultivos. Carolina del Norte, E.E.U.U, Universidad de Carolina del Norte. Boletín Técnico no. 6. 97 p.
3. _____ . 1972. Soil nitrogen and organic matter. In National Academy of Sciences. USA, Soil of the Humic Tropics. p. 63-81.
4. BOLAÑOS, J. 1988. Suelos en relación a labranza de conservación: aspectos físicos. In Curso especializado sobre Labranza de Conservación en maíz (1988, El Batán México). El Batán, México, CIMMYT. p. 29-36.
5. BRONFIED, A.R. 1969. Uptake of phosphorus and other nutrients by maize in Western Nigeria, Africa. Africa, Agriculture Experimental Station. Bulletin no. 192. p 41-50.
6. BROWN, P. 1966. Maize growing in nyasaland, Malawi Africa fertilizer requirement. Africa, Agriculture Experimental Station. Bulletin no. 189. p. 42-60.
7. CARDONA MATTA, H. 1976. Efecto de la aplicación de nitrógeno sobre el rendimiento y contenido de proteínas del grano de sorgo y su interacción con la clase de suelo, en el sur-oriente de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 62 p.
8. COMPTON, L.P. 1990. Agronomía del sorgo. El Salvador, Centro de Tecnología Agrícola. p. 57-105.
9. CHANDLER, W.L. et al. 1964. The intensive management of tropical forages in Puerto Rico. Puerto Rico, Agriculture Experimental Station. Bulletin no.187. p. 22.
10. CRUZ, J. R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. p. 16.
11. ENJI, B.A.C. 1965. The Efficiency of urea as fertilizer under tropical conditions. P.L. Soil. (P.R.) no. 23:385-96.
12. ESTRADA, L.L.; ORELLANA, S.E. 1979. Efecto de fertilización con N-P-K sobre el rendimiento de sorgo variedad Guatecau, bajo condiciones del valle de la Fragua, Zacapa. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. 8 p.

13. GUDIEL, V.M. 1979. Manual agrícola Superb. 5 ed. Guatemala, Productos Superb. p. 53.
14. GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. 1979. Condiciones agro-socioeconómicas del proyecto de riego Zacapa, Guatemala. Guatemala. p. 1-3.
15. _____. 1986. Recomendaciones agrícolas sub-Región VI-1, Jutiapa, Guatemala. Guatemala. p. 3-6.
16. _____. 1986. Estudio agrosocioeconómico de la problemática en la producción del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), para enfocar la investigación del programa nacional en el sur-oeste de Guatemala. Guatemala. p. 1-10.
17. _____. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1978. Diccionario geográfico de Guatemala. 2 ed. Guatemala, Tipografía Nacional. v. 1 y 2, p. 635, 1053 y 306.
18. HERNANDEZ DIAZ, P.D. 1980. Efectos de la fertilización nitrogenada y diferentes formas de riego aplicadas al cultivo de sorgo, en un suelo Chicaj del valle de la Fragua, Zacapa. Tesis Ing.Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 28.
19. HOUSE, L.R. 1982. El sorgo. México, Universidad Autónoma de Chapingo, Gaceta. p. 19-35.
20. LEON PRERA, C. DE. 1975. Respuesta del cultivo de sorgo a la fertilización con nitrógeno en el sur-oriente de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p.37
21. LLANO, A. 1975. Efecto del nitrógeno sobre la producción seca del tallo de sorgo causado por *Macrophoia phaseolina*. In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (12., 1975, San Salvador). San Salvador, PCCMCA. p. 356-58.
22. REYES CASTAÑEDA, P. 1980. Diseño de experimentos aplicados. 2 ed. México, Trillas. 344 p.
23. SALAZAR, B.A. 1966. Experimentación con sorgo en Nicaragua. In Reunión Anual del Programa Coopertivo Centroamericano de Cultivos Alimenticios (12, 1966, Nicaragua). Managua, Nicaragua, PCCMCA. p. 42-50.
24. SIMMONS, CH.; TARANO J. M.; PINTO J. H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Traducción Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.

No. Bo. Quiam De La Raza



11. APENDICE

Cuadro 16A Análisis de varianza, rendimiento de grano en TM/ha,
Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

FUENTE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	F Calc.	Pr > F
Repeticiones	3	1.3055	0.4351	5.68	0.006
Factor A	1	0.0282	0.0282	0.37	0.551
Error	3	0.5666	0.1888		
Factor B	3	0.8508	0.2836	3.70	0.030
A * B	3	0.3331	0.1110	1.45	0.261
Error	18				
Total	31				

Cuadro 17A Análisis de varianza, rendimiento de grano en TM/ha,
Las Minas, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

FUENTE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	F Calc.	Pr > F
Repeticiones	3	1.3169	0.4389	5.23	0.009
Factor A	1	0.1237	0.1237	1.47	0.241
Error	3	0.6351	0.2117		
Factor B	3	0.0665	0.0221	0.26	0.851
A * B	3	0.5090	0.1696	2.02	0.147
Error	18				
Total	31				

Cuadro 18A Análisis de varianza, rendimiento de grano TM/ha,
El Progreso, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

FUENTE DE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	F Calc	Pr > F
Repeticiones	3	0.2007	0.0669	1.61	0.2231
Factor A	1	0.0578	0.0578	1.39	0.2542
Error	3	0.1278	0.0426		
Factor B	3	0.1483	0.0494	1.19	0.3429
A * B	3	0.3606	0.1202	2.89	0.1643
Error	18				
Total	31				

Cuadro 19A Análisis de varianza, peso de grano (gr), Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

FUENTE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	F Calc.	Pr > F
Repeticiones	3	0.000019	0.0000062	4.02	0.0237
Factor A	1	0.000000	0.0000005	0.32	0.5778
Error	3	0.000009	0.0000030		
Factor B	3	0.000002	0.0000008	0.54	0.6637
A * B	3	0.000011	0.0000036	2.36	0.1058
Error	18	0.000028	0.0000016		
Total	31	0.000070			

Cuadro 20A Análisis de varianza, número de granos por panoja, Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

FUENTE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	F Calc.	Pr > F
Repeticiones	3	831885.8	277295.3	0.7076	0.2008
Factor A	1	136503.1	136503.1	0.3483	0.3711
Error	3	1175716	391905.2		
Factor B	3	1275511	425170.3	2.621	0.0563
A * B	3	1031689	343896.5	2.12	0.1333
Error	18	2919891	162216.1		
Total	31	7371196			

Cuadro 21A Análisis de varianza, largo de panoja (cm), Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

FUENTE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	F Calc.	Pr > F
Repeticiones	3	8.344	2.781	0.42	0.7423
Factor A	1	2.531	2.531	0.38	0.5452
Error	3	32.094	10.698		
Factor B	3	28.344	9.448	1.4	0.2698
A * B	3	23.594	7.865	1.18	0.3446
Error	18	119.813	6.656		
Total	31	214.719			

Cuadro 22A Análisis de varianza, diámetro de panoja (cm),
Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

FUENTE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	F Calc.	Pr > F
Repeticiones	3	0.074	0.025	0.33	0.8055
Factor A	1	2.88	2.88	38.36	0.1120
Error	3	0.045	0.015		
Factor B	3	21.344	7.115	94.77	0.0001
A * B	3	2.885	0.962	12.81	0.5901
Error	18	1.351	0.075		
Total	31	28.579			

Cuadro 23A Análisis de varianza, número promedio de panojas
cosechadas, Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

FUENTE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	F Calc.	Pr > F
Repeticiones	3	33.75	11.25	0.36	0.7858
Factor A	1	0.13	0.13	0.00	0.9506
Error	3	131.13	43.78		
Factor B	3	167.75	55.92	1.77	0.1950
AB	3	463.13	154.38	4.88	0.5918
Error	18	569.63	31.65		
Total	31	1365.50			

Cuadro 24A Análisis de varianza, rendimiento de materia seca
TM/ha., Chixolop, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

FUENTE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	F Calc.	Pr > F
Repeticiones	3	4.303	1.434	7.09	0.0024
Factor A	1	0.060	0.060	0.29	0.5943
Error	3	1.546	0.515		
Factor B	3	0.595	0.198	0.98	0.4241
A * B	3	2.024	0.675	3.33	0.1254
Error	18	3.643	0.202		
Total	31				

Cuadro 25A Análisis de varianza, producción de materia seca
TM/ha, Las Minas, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

FUENTE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	F Calc.	Pr > F
Repeticiones	3	1.3839	0.4613	3.81	0.0283
Factor A	1	0.2227	0.2227	1.84	0.1919
Error	3	0.6715	0.2238		
Factor B	3	0.1089	0.0363	0.30	0.8252
A * B	3	0.4783	0.1594	1.32	0.3001
Error	18				
Total	31				

Cuadro 26A Análisis de varianza, rendimiento de materia seca
TM/ha, El Progreso, San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.

FUENTE DE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	F Calc	Pr > F
Repeticiones	3	3.674	1.225	49.47	0.0047
Factor A	1	0.056	0.056	2.26	0.2292
Error	3	0.074	0.025		
Factor B	3	0.109	0.036	1.35	0.2879
A * B	3	0.017	0.006	0.21	0.9921
Error	18	0.481	0.027		
Total	31				

Cuadro 27A Costo total de producción para rendimiento de grano en el rebrote de sorgo var. Mitlan (Q/ha), aplicando 97 kg de N/ha.

COSTOS DIRECTOS		
I. INSUMOS	CANTIDAD	COSTO Q
a) Urea	97 Kg/Ha	90.00
b) Triple superfosfato	50 Kg/Ha	55.00
c) Rastrojo	2.69 Tm/Ha	60.00
II MANO DE OBRA	JORNALES	
a) Limpias	6/dia/ha	60.00
b) Corte y colocacion del rastrojo	4/dia/ha	40.00
c) Fertilizacion (triple superfosfato y nitrógeno)	6/dia/ha	60.00
d) Cosecha	4/dia/ha	40.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS		405.00
COSTOS INDIRECTOS		
I RENTA DE LA TIERRA		200.00
II IMPREVISTOS (10 % Sobre C. D.)		40.50
TOTAL COSTOS INDIRECTOS		240.50
COSTO TOTAL		645.50

Cuadro 28A Costo total de producción para rendimiento de grano en el rebrote de sorgo var. Mitlan (Q/ha), aplicando 64 kg de N/ha.

COSTOS DIRECTOS		
I. INSUMOS	CANTIDAD	COSTO Q
a) Urea	64 Kg/Ha	60.00
b) Triple superfosfato	50 Kg/Ha	55.00
c) Rastrojo	2.69 Tm/Ha	60.00
II MANO DE OBRA	JORNALES	COSTO Q
a) Limpias	6/dia/ha	60.00
b) Corte y colocacion del rastrojo	4/dia/ha	40.00
c) Fertilizacion (Triple superfosfato y nitrógeno)	6/dia/ha	60.00
d) Cosecha	4/dia/ha	40.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS		375.00
COSTOS INDIRECTOS		
I RENTA DE LA TIERRA		200.00
II IMPREVISTOS (10 % Sobre C. D.)		40.50
TOTAL COSTOS INDIRECTOS		240.50
COSTO TOTAL DE PRODUCCION		615.50

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Cuadro 29A Costo total de producción para rendimiento de grano en el rebrote de sorgo var. Mitlan (Q/ha), aplicando 32 kg de N/ha.

COSTOS DIRECTOS			
I	INSUMOS	CANTIDAD	COSTO Q
a)	Urea	32 Kg/Ha	30.00
b)	Triple superfosfato	50 Kg/Ha	55.00
c)	Rastrojo	2.69 Tm/Ha	60.00
II	MANO DE OBRA	JORNALES	COSTO Q
a)	Limpias	6/dia/ha	60.00
b)	Corte y colocacion del rastrojo	4/dia/ha	40.00
c)	Fertilizacion (Triple superfosfato y nitrógeno)	6/dia/ha	60.00
d)	Cosecha	4/dia/ha	40.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS			345.00
COSTOS INDIRECTOS			
I	RENTA DE LA TIERRA		200.00
II	IMPREVISTOS (10 % Sobre C. D.)		40.50
TOTAL COSTOS INDIRECTOS			240.50
COSTO TOTAL DE PRODUCCION			585.50

Cuadro 30A Costo total de producción para rendimiento de grano en el rebrote de sorgo var. Mitlan (Q/ha), aplicando 0.0 kg de N/ha.

COSTOS DIRECTOS		
I. INSUMOS	CANTIDAD	COSTO Q
a) Urea	0.00 Kg/Ha	0.00
b) Triple superfosfato	50 Kg/Ha	55.00
c) Rastrojo	2.69 Tm/Ha	60.00
II MANO DE OBRA	JORNALES	COSTO Q
a) Limpias	6/dia/ha	60.00
b) Corte y colocacion del rastrojo	4/dia/ha	40.00
c) Fertilizacion (Triple superfosfato)	4/dia/ha	40.00
d) Cosecha	4/dia/ha	40.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS		295.00
COSTOS INDIRECTOS		
I RENTA DE LA TIERRA		200.00
II IMPREVISTOS (10 % Sobre C. D.)		40.50
TOTAL COSTOS INDIRECTOS		240.50
COSTO TOTAL DE PRODUCCION		535.50

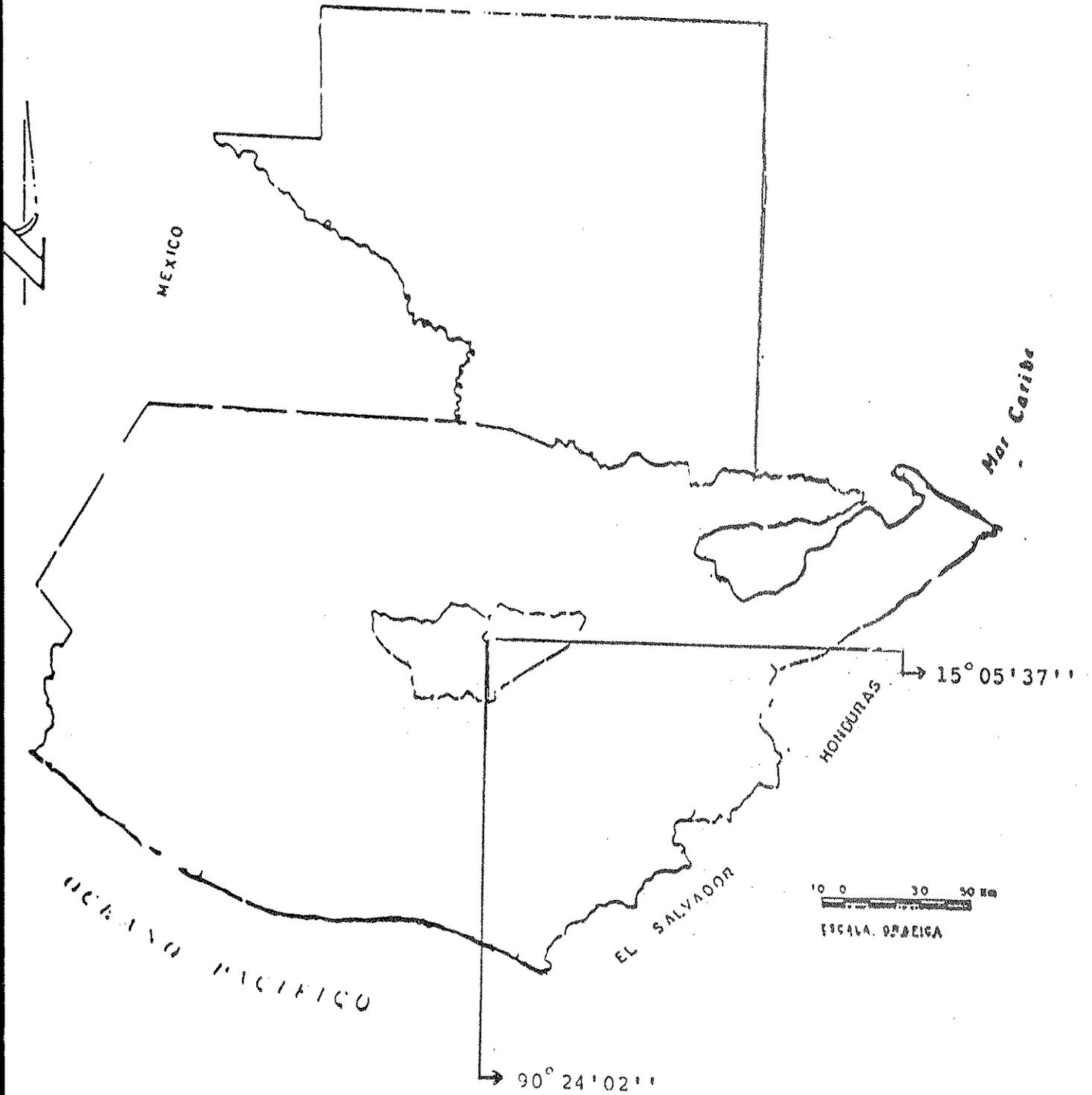


Figura. 9A Localización de San Miguel Chicaj, Baja Verapaz.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
 AGRONOMICAS

Ref. Sem.012-95

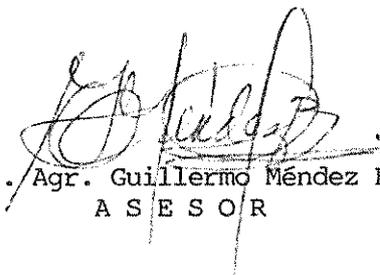
LA TESIS TITULADA: "RESPUESTA DE RENDIMIENTO EN GRANO DEL REBROTE DE SORGO
 (Sorghum bicolor L. Moench.) Var. ICTA-MITLAN, A LA FER-
 TILIZACION NITROGENADA CON Y SIN COBERTURA EN EL SUELO,
 EN TRES LOCALIDADES DE SAN MIGUEL CHICAJ, BAJA VERAPAZ".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: IVAN DIMITRI SANTOS CASTILLO

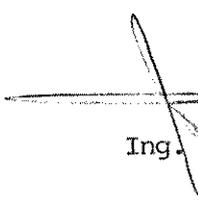
CARNET No: 89-10045

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Aníbal Sacabajá
 Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cum-
 plido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la
 Universidad de San Carlos de Guatemala.

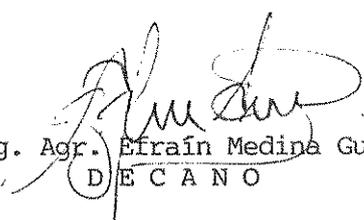

 Ing. Agr. Guillermo Méndez Beteta
 ASESOR


 Ing. Agr. Federico Castillo
 ASESOR


 Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
 DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E


 Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
 D E C A N O



c.c. Control Académico
 Archivo
 RLA/prr.

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770

EL PRESENTE TRABAJO DE TESIS SE REALIZO DURANTE EL TIEMPO QUE EL AUTOR COORDINO ACTIVIDADES CON EL EQUIPO DE PRUEBA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA DEL INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS ICTA, EN SAN JERONIMO, BAJA VERAPAZ, PROYECTO INICIAL DE LOS TRABAJOS QUE REALIZA EL ICTA EN ESTA REGION CONJUNTAMENTE CON EL APOYO DEL PRIAG. POR TANTO CUALQUIER REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DEL PRESENTE ESTUDIO DEBE TENER LA RESPECTIVA AUTORIZACION DEL INSTITUTO.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS, GUATEMALA
Biblioteca Central