

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



TRABAJO DE GRADO:

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EN BIOMASA DEL CULTIVO DE SORGO
(Sorghum vulgare) Var. CENTA S-3 bmr, UTILIZANDO DOS MODALIDADES DE
SIEMBRA: POSTURA Y CHORRO SEGUIDO; EN ÉPOCA LLUVIOSA.

REQUISITO PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO.

PRESENTADO POR:

RAMÓN DE JESÚS CAÑAS VILLEGAS
MARVIN ALEXANDER GÓMEZ LIZAMA
WALTER ORLANDO RIVERA JANDRES

DOCENTE ASESOR.

ING. AGR. NELSON ROLANDO DUKE.

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE DE 2022.

SAN MIGUEL

EL SALVADOR

CENTROAMÉRICA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
AUTORIDADES

Ms.C. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO
RECTOR

PHD. RAUL ERNESTO AZCUNAGA LOPEZ
VICE – RECTOR ACADEMICO INTERINO

ING. JUAN ROSA QUINTANILLA
VICE – RECTOR ADMINISTRATIVO

LIC. FRANCISCO ALARCON
SECRETARIA GENERAL INTERINO

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN
FISCAL GENERAL INTERNO

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

AUTORIDADES

LIC. CRISTOBAL HERNAN RIOS BENITEZ

DECANO

LIC. OSCAR VILLALOVOS

VICEDECANO

LIC. ISRAEL LOPEZ MIRANDA

SECRETARIO

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONOMICAS

AUTORIDADES

ING. JAIME CRISTOBAL RIOS MOLINA

JEFE DE DEPARTAMENTO

ING. AGR. NELSON ROLANDO DUKE

DOCENTE ASESOR

ING. AGR. Ms.C. ANA AURORA BENITEZ PARADA

COORDINADORA DE LOS PROCESOS DE GRADUACION

AGRADECIMIENTO.

De manera muy especial a nuestro asesore Ing. Nelson Rolando Duke, les agradecemos por brindarnos todo su apoyo y conocimientos durante toda la etapa que duro nuestro trabajo de Investigación.

A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Agronómica Ing. Marco Evelio Claros Álvarez, Ing. José Ismael Guevara Zelaya, Ing. Carlos Luis Zelaya Flores, Ing. Marco Vinicio Calderón, Ing. Nery Saúl Guevara, Ing. Jaime Santos Rodas, Ing. Jaime Cristóbal Ríos, Ing. Joaquín Orlando Machuca, Ing. Ana Aurora Benítez Parada por brindarnos todos los conocimientos que fueron determinantes para llevar a cabo la investigación, Y don Lennon, y demás trabajadores que fueron participes en nuestro ensayo.

DEDICATORIA.

Le agradezco a Dios todo poderoso por iluminarme y guiarme a culminar todas las metas que me he propuesto.

A mi madre Ana Lucia Cañas, por darme la vida y por ser un ejemplo en mi vida, por guiarme siempre y darme buenos consejos para poder seguir adelante en las etapas de la vida ya que con su apoyo y esfuerzo logro sacarme adelante.

A mi hija Guadalupe por ser el motivo de seguir adelante y por apoyarme siempre.

A mis hermanos Willis, Lizeth, Brenda y Joel por apoyarme siempre.

A mi tía Juana Paula Cañas por brindarme todo el apoyo y ayudarme siempre dándome sus consejos.

A todos mis amigos y amigas por brindarme buenos consejos y ánimo de seguir adelante.

Ramón De Jesús Cañas Villegas.

DEDICATORIA.

Le agradezco a Dios todo poderoso por bendecirme y ayudarme a culminar todas las metas que me he propuesto.

A mis padres Amadeo de Jesús Gómez Domínguez y Ana Isabel Lizama por darme la vida y apoyarme en todas las etapas de mi vida y por todo el gran esfuerzo que han hecho para poder sacarnos adelante.

A mi abuelo José Galileo Cañas que fue como mi segundo padre y que me apoyo tanto en su vida.

A mi hermano Nelson Bladimir Gómez Lizama y mis hermanas Rhina del Carmen Gómez Lizama e Iris Esmeralda Gómez Lizama por apoyarme siempre.

A mi esposa Jacqueline Elizabeth Martínez De Gómez por darme todo su amor, comprensión, ayuda y sobre todo por su apoyo incondicional y encaminarme por el buen camino.

Marvin Alexander Gómez Lizama.

DEDICATORIA.

Le agradezco a Dios todo poderoso por bendecirme y ayudarme a culminar todas las metas que me he propuesto.

A mis padres Joaquín Orlando Rivera y María Lorenza Jandres de Rivera por darme la vida y apoyarme en todas las etapas de mi vida y por todo el gran esfuerzo que han hecho para poder sacarme adelante.

A mis hermanas Ademari Elizabeth Rivera y América Migdalia Rivera por apoyarme siempre.

A mi tía Hilda Consuelo Jandres por haberme regalado la laptop.

A todos mis amigos y amigas por darme siempre buenos consejos y ánimo de seguir adelante.

Walter Orlando rivera Jandres.

INDICE GENERAL.

RESUMEN.	xviii
AGRADECIMIENTO.	iv
DEDICATORIA.	v
INDICE DE FIGURAS.....	xvi
1. INTRODUCCION.	xvii
2. MARCO DE REFERENCIA.....	1
2.1. Origen histórico del sorgo.	1
2.1.1. Origen del sorgo CENTA S3 bmr.	1
2.3. Clasificación taxonómica del sorgo.	2
2.4. Importancia del sorgo.....	3
2.5. Características del sorgo CENTA S3 bmr.....	4
2.6. Anatomía y morfología del sorgo.	5
2.6.1. Órganos vegetativos.	5
2.6.1.1. Raíz.	5
2.6.1.2. Tallo.	5
2.6.1.3. Pedúnculo.	6
2.6.1.4. Hoja.....	6
2.6.1.5. Vaina de la hoja.....	7
2.7. Órganos Reproductivos.	8
2.7.1. Inflorescencia.....	8
2.7.1.1. Las espiguillas pediceladas.	8
2.7.1.2. Las espiguillas sésiles.	9
2.8. Etapas fenológicas del sorgo.	9
2.8.1. Etapa de crecimiento.	10

2.8.1.1. Fase de imbibición.	10
2.8.1.2. Fases de emergencia de la radícula y hoja en la punta del coleóptilo.....	11
2.8.1.3. Fase de emergencia.	11
2.8.1.4. Fase de crecimiento temprano de las hojas y el tallo.	12
2.9. Etapa reproductiva.....	13
2.9.1. Antesis (floración).	16
2.9.2. Etapa de llenado del grano.....	17
2.9.2.1. Polinización y fertilización.	18
2.9.2.2. Desarrollo y maduración del grano.....	19
2.10. Requerimientos de clima y suelo.	21
2.10.1. Clima requerido.	21
2.10.1.1. Altura.	21
2.10.1.2. Temperatura.	21
2.10.1.3. Fotoperiodo.	23
2.10.1.4. Precipitación.	24
2.10.2. Suelo requerido.....	24
2.11. Labores culturales.	24
2.11.1. Preparación del suelo.....	24
2.11.1.1. Sub-suelo.....	25
2.11.1.2. Arado.....	25
2.11.1.3. Rastreo.	26
2.11.2. Época de siembra.....	26
2.11.2.1. Primera.	26
2.11.2.2. Postrera.	26
2.11.2.3. Riego.....	27

2.11.3. Semilla.....	27
2.11.4. Distanciamiento de siembra.....	27
2.11.5. Siembra.....	27
2.11.6. Raleo.....	28
2.11.7. Aporco.....	29
2.11.8. Fertilización.....	29
2.11.9. Plagas y enfermedades.....	30
2.11.9.1. Plagas.....	30
2.11.9.1.1. Plagas del suelo.....	31
2.11.9.1.1.1. Control para las plagas del suelo.....	31
2.11.9.1.2. Plagas del follaje y panoja.....	31
2.11.9.1.2.1. Control.....	32
2.11.9.1.2.2. Pájaros.....	32
2.11.9.2. Enfermedades.....	32
2.11.10. Control de malezas.....	33
2.11.11. Cosecha.....	33
2.11.12. Rendimiento en biomasa.....	34
2.11.13. Calidad nutritiva del forraje de sorgo.....	36
2.11.13.1. Proteína.....	38
2.11.13.2. Carbohidratos.....	39
2.11.13.3. Minerales o cenizas.....	40
2.11.14. Tipos de Riego.....	41
2.11.14.1. Riego por aspersión.....	41
2.11.14.2. Riego por surcos.....	43
2.11.14.2.1. Características del riego por surcos.....	44

2.11.14.3. Riego por goteo.....	44
2.11.14.3.1. Características del riego por goteo.....	45
2.11.14.3.2. Ventajas.....	45
2.11.14.3.3. Desventajas.....	45
2.11.14.4. Riego por Gravedad o Inundación.	45
2.12. Estudios realizados.....	46
2.12. 1 “Comparación del rendimiento de biomasa y calidad nutricional en tres variedades de sorgo de doble propósito (CENTA S-2, CENTA S-3 y rcv), bajo condiciones de riego por aspersión”.	46
2.12.2 “Evaluación del contenido nutricional en el follaje Verde de sorgo (sorgum bicolor), variedad R.C.V cosechado a diferentes edades, con el propósito de obtener ensilaje.	50
2.12.3 Producción de semilla de sorgum alvum utilizando fertilización nitrofosfatada.	52
3. MATERIALES Y METODOS.....	53
3.1. Generalidades de la investigación.	54
3.1.1. Localización geográfica.....	54
3.1.2. Características del lugar.....	54
3.1.2.1. Características climáticas del lugar.....	54
3.1.2.2. Características edáficas del campo experimental.	54
3.1.3. Factores biológicos.....	55
3.1.3.1. Flora.	55
3.1.3.1.1. Vegetación arbórea.....	55
3.1.3.1.2. Vegetación herbácea.	55
3.1.3.2. Fauna.....	55
3.1.4. Periodo de ejecución.....	55
3.1.5. Metodología de campo.	56
3.1.5.1. Reconocimiento y delimitación del área experimental.....	56

3.1.5.1.1. Preparación del terreno.....	56
3.1.5.2. Fase experimental.	57
3.1.5.2.1. Labores culturales.	57
3.1.5.2.1.1. Siembra.....	57
3.1.5.2.1.2. Primera aplicación de fertilizante químico.	58
3.1.5.2.1.3. Segunda aplicación de fertilizante.....	58
3.1.5.2.1.4. Tercera aplicación de fertilizante.	58
3.1.5.2.1.5. Control de malezas.	59
3.1.5.2.1.6. Aporco.	59
3.1.5.2.1.7. Control de plagas y enfermedades.....	59
3.1.6. Metodología estadística.....	60
3.1.6.1. Diseño estadístico.	60
3.1.6.2. Modelo estadístico.	61
3.1.6.3. Factores dentro de los tratamientos.....	61
3.1.7. Toma de datos.....	61
3.1.7.1. Diámetro de la planta (cm).	61
3.1.7.2. Altura de la planta (mt).	62
3.1.7.3. Rendimiento en biomasa (Ton/ha).....	62
3.1.7.4. Peso de la panoja (lb).....	63
3.1.7.5. Longitud de la panoja (cm).	64
4. RESULTADOS Y DISCUSION.	64
4.1. Diámetro del tallo (cm).	64
4.2. Altura de planta (mt).	70
4.3. Rendimiento en Biomasa (ton/ha).....	75
4.4. Peso de la panoja (lb).	79

4.5. Longitud de la panoja (cm).	82
4.6. Evaluación económica.....	85
5. CONCLUSIONES.	88
6. RECOMENDACIONES.....	89
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	90
8. ANEXOS.	95

INDICE DE CUADROS.

Tabla 1. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en las diferentes mediciones post siembra 15, 30, 45, 60, 75, 86 días.	67
Tabla 2. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la sexta medición 86 días post siembra.....	69
Tabla 3. Altura promedio de la planta en las diferentes mediciones post siembra 15, 30, 45, 60, 75, 86 días.	72
Tabla 4. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la sexta medición 86 días post siembra.....	74
Tabla 5. Resultados obtenidos de rendimiento en biomasa ton/ha a los 86 días post siembra.	76
Tabla 6. Peso de la panoja (lb) obtenidos durante 86 días post siembra.	80
Tabla 7. Promedio de longitud de la panoja en centímetros obtenidos a los 86 días post siembra.	83
Tabla 8. Evaluación económica para cada uno de los tratamientos.....	86
Tabla 9. A-1. ANVA general para el diámetro del tallo (cm) en la primera medición.	96
Tabla 10. A-2. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la primera medición 15 días post siembra.	96
Tabla 11. A-3. ANVA general para el diámetro del tallo (cm) en la segunda medición.....	97
Tabla 12. A-4. Diámetro promedio del (cm) por tratamientos en la segunda medición 30 días post siembra.	97
Tabla 13. A-5. ANVA general para el diámetro del tallo (cm) en la tercera medición.	98
Tabla 14. A-6. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la tercera medición 45 días post siembra.	98
Tabla 15. A-7. ANVA general para el diámetro del tallo (cm) en la cuarta medición.	99
Tabla 16. A-18. Diámetro del tallo (cm) por tratamientos en la cuarta medición 60 días post siembra.....	99
Tabla 17. A-9 ANVA general para el diámetro del tallo (cm) en la quinta medición.....	100
Tabla 18. A-10. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la quinta medición 75 días post siembra.	100
Tabla 19. A-11. ANVA general para el diámetro del tallo (cm) en la sexta medición.....	101
Tabla 20. A-12. Prueba de Duncan para el diámetro del tallo (cm).	101

Tabla 21. A-13. Prueba de Duncan para la altura de la planta (cm).	102
Tabla 22. A-14. ANVA general para la altura de la planta.....	102
Tabla 23. A-15. ANVA general para la altura de la planta (mt) en la tercera medición.	103
Tabla 24. A-16. ANVA general para la altura de la planta (mt) en la cuarta medición.	103
Tabla 25. A-17. ANVA general para la altura de la planta (mt) en la quinta medición.	104
Tabla 26. A-18. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la primera medición post siembra 15 días.	104
Tabla 27. A-19. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la tercera medición 45 días post siembra.....	105
Tabla 28. A- 20. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la cuarta medición 60 días post siembra.....	105
Tabla 29. A-21. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la quinta medición 75 días post siembra.	106
Tabla 30. A-22. ANVA general para la altura de planta (mt) en la segunda medición.....	106
Tabla 31. A-31. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la segunda medición 30 días post siembra.....	107
Tabla 32. A-24. ANVA general para la altura de planta (mt) en la sexta medición.....	108
Tabla 33. A-25. ANVA general para el rendimiento en biomasa (ton/ha).	108
Tabla 34. A-26 Prueba de Duncan para el rendimiento en biomasa (ton/ha).	109
Tabla 35. A-27 ANVA general para el peso de la panoja (lb).....	109
Tabla 36. A-28 Prueba de Duncan para el peso de la panoja (lb).....	110
Tabla 37. A- 29 ANVA general para la longitud de la panoja (cm).	110
Tabla 38. A-30 Prueba de Duncan para la longitud de la panoja (cm).	111
Tabla 39. A-31 Valor nutritivo del forraje de las variedades bmr.	111

INDICE DE FIGURAS.

Ilustración 1. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en las diferentes mediciones post siembra 15, 30, 45, 60, 75 y 86 días.....	67
Ilustración 2. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la sexta medición 86 días post siembra.	70
Ilustración 3. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en las diferentes mediciones post siembra 15, 30, 45, 60, 75 y 86 días.....	73
Ilustración 4. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la sexta medición 86 días post siembra.	75
Ilustración 5. Resultados obtenidos de rendimiento en biomasa ton/ha a los 86 días post siembra.	77
Ilustración 6. Peso de la panoja en libras obtenidas durante 86 días post siembra.	81
Ilustración 7. Promedio de longitud de la panoja en centímetros obtenidos a los 86 días post siembra.....	84
Ilustración 8. A-1 Localización del ensayo.....	112
Ilustración 9. A-2 Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la primera medición 15 días post siembra.....	112
Ilustración 10. A-3. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la segunda medición 30 días post siembra.....	113
Ilustración 11. A-4. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la tercera medición 45 días post siembra.....	114
Ilustración 12. A-5. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la cuarta medición 60 días post siembra.....	114
Ilustración 13. A-6. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la quinta medición 75 días post siembra.....	115
Ilustración 14. A-7. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la primera medición 15 días post siembra.....	116
Ilustración 15. A-8. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la tercera medición 45 días post siembra.....	116
Ilustración 16. A. 9. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la cuarta medición 60 días post siembra.....	117

Ilustración 17. A. 10. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la quinta medición
75 días post siembra..... 117

Ilustración 18. A- 11. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la segunda medición
30 días post siembra..... 117

RESUMEN.

La ganadería en nuestro país ha sido uno de los rubros de gran importancia en el que hacer agropecuario ya que ha generado mano de obra en el área rural y también es una de las fuentes alimenticias de primer grado al producirnos carne, leche y los derivados de esta.

Uno de los problemas críticos que ha afectado a la ganadería de nuestro país es la escasez de pasto para la alimentación del ganado durante la época seca y lluviosa; es por ello que se hace necesario utilizar forrajes destinados para ensilar con el objeto de sustituir en cantidad y en calidad a los forrajes verdes.

Sin embargo, la mayoría de productores desconocen las características que distinguen a las variedades de sorgo en El Salvador, como rendimiento de biomasa y calidad nutricional entre otras, y en muchas ocasiones establecen el cultivo sin conocer las características que este les proporcionara al momento que les sea necesario.

Como una alternativa se presenta el sorgo forrajero variedad CENTA s-3 bmr para suplir esa necesidad, pero para una mayor efectividad es preciso determinar que modalidad de siembra presenta mayor rendimiento en biomasa al final del cultivo.

La presente investigación, con el propósito de implementar la Agricultura sostenible mediante el uso de variedades de sorgo, tuvo como principal objetivo evaluar el rendimiento en biomasa de cultivo de sorgo (Sorghumvulgare) Var. CENTA S-3 bmr, utilizando dos modalidades de siembra: Postura y chorro seguido; en época lluviosa, determinando las variables altura de planta, diámetro del tallo, longitud de panoja, peso de panoja y análisis económico.

Los tratamientos evaluados fueron T1 (siembra a chorro seguido), T2 (siembra postura a 10 cm/postura), T3 (siembra postura 15 cm/postura) y T4 (siembra a 20 cm/postura).

Para poder determinar el rendimiento en biomasa de cada uno de los tratamientos fueron cortadas y pesadas del área útil 2.80 mt² (1.4 mt × 2.0 mt) la cual era la misma para cada tratamiento.

El experimento se realizó en la unidad de Investigación Agropecuaria (UNIAGRO) de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, de El Salvador, ubicada en el cantón el jute, jurisdicción y departamento de San Miguel, a la altura del kilómetro 144 ½ de la carretera de la ciudad de San Miguel que conduce a la ciudad de Usulután, en la parcela número 6 conocida como el Carreto, las coordenadas geográficas del lugar son de 13° 26.3´ latitud norte 88° 09.5´ longitud oeste.

El ensayo fue realizado en la época lluviosa durante un periodo de 86 días, comprendidos desde el 10 de junio hasta el 10 de septiembre del año 2016.

Las variables en estudio fueron: diámetro de tallo, altura de planta, rendimiento de biomasa, longitud de la panoja y peso de la panoja.

La evaluación estadística se realizó mediante un diseño de Bloques completamente al azar, con 6 repeticiones y 4 tratamientos. Como parte de los análisis de varianza; se aplicó la prueba estadística de Duncan, demostrando que el mejor tratamiento para el diámetro de tallo fue el T4 (1.64 cm), para la altura de planta los tratamientos T3 (2.44 mt) y T4 (2.44mt) fueron estadísticamente similares, para el rendimiento de biomasa no hubo diferencia estadística en los tratamientos, para la longitud de la panoja fue el T3 (21.76 lb).

Palabra clave: Investigación, rendimiento, evaluación evaluar el rendimiento, análisis económicos, pruebas estadísticas.

SUMMARY.

Livestock farming in our country has been one of the most important areas in which to do agriculture since it has generated labor in rural areas and is also one of the first-grade food sources by producing meat, milk and animal products. this.

One of the critical problems that has affected livestock farming in our country is the shortage of grass for livestock feeding during the dry and rainy season; This is why it is necessary to use forage intended for ensiling in order to replace green forage in quantity and quality.

However, the majority of producers are unaware of the characteristics that distinguish sorghum varieties in El Salvador, such as biomass yield and nutritional quality among others, and on many occasions they establish the crop without knowing the characteristics that it will provide them at the time they grow it. be necessary.

As an alternative, forage sorghum variety CENTA s-3 bmr is presented to meet this need, but for greater effectiveness it is necessary to determine which sowing method has the highest yield in biomass at the end of the crop.

The main objective of this research, with the purpose of implementing sustainable Agriculture through the use of sorghum varieties, was to evaluate the biomass yield of sorghum (*Sorghumvulgare*) Var. CENTA S-3 bmr, using two sowing modalities: Posture and continuous jet; in the rainy season, determining the variables plant height, stem diameter, panicle length, panicle weight and economic analysis.

The treatments evaluated were T1 (sowing in a continuous stream), T2 (sowing at 10 cm/lay), T3 (sowing at 15 cm/lay) and T4 (sowing at 20 cm/lay).

In order to determine the biomass yield of each of the treatments, 2.80 mt² (1.4 mt × 2.0 mt) were cut and weighed from the useful area, which was the same for each treatment.

The experiment was carried out in the Agricultural Research Unit (UNIAGRO) of the Eastern Multidisciplinary Faculty, of El Salvador, located in the canton of El Jute, jurisdiction and department of San Miguel, at kilometer 144 ½ of the city highway. from San Miguel that leads to the city of Usulután, in plot number 6 known as El Carreto, the geographical coordinates of the place are 13° 26.3' north latitude 88° 09.5' west longitude.

The test was carried out in the rainy season during a period of 86 days, from June 10 to September 10, 2016.

The variables under study were: stem diameter, plant height, biomass yield, panicle length and panicle weight.

The statistical evaluation was carried out using a completely randomized block design, with 6 repetitions and 4 treatments. As part of the variance analyses; Duncan's statistical test was applied, demonstrating that the best treatment for stem diameter was T4 (1.64 cm), for plant height treatments T3 (2.44 mt) and T4 (2.44 mt) were statistically similar, for biomass yield there was no statistical difference in the treatments, for panicle length it was T3 (21.76 lb).

Keyword: Research, performance, evaluation evaluate performance, economic analysis, statistical tests.

1. INTRODUCCION.

El cultivo de sorgo es de gran importancia para los agricultores y ganaderos de nuestro país, ya que este se adapta a una amplia gama de ambientes produciendo forraje y grano de buena calidad, bajo condiciones desfavorables para la mayoría de otros cereales, debido a su resistencia a la sequía, se considera como el cultivo más apto para las regiones áridas con lluvia errática.

La importancia del sorgo en El Salvador ha sido principalmente en la alimentación de especies menores, mientras que los rastrojos de este cultivo se han utilizado para alimentar al ganado bovino especialmente durante la época seca.

Uno de los problemas críticos que ha afectado la alimentación del ganado durante la época seca es la escasez de pasto; es por ello que se hace necesario utilizar forrajes destinados para ensilado con el objetivo de sustituir en cantidad y en calidad nutritiva a los forrajes verdes.

Para el 2005 la producción fue de 3.2 millones de quintales, en 92,184 ha sembradas con un rendimiento promedio de 1,556.7 kg/ha. Nuestro país tiene un potencial de 28,200 ha comprendidas en las zonas costeras y valles intermedios, explotándose en forma tecnificada y semi tecnificada debido al régimen de lluvia imperante en nuestro medio se puede obtener dos cosechas al año.

Como una alternativa para suplir esta escases de alimento se presenta el sorgo forrajero variedad CENTA S-3 bmr, que es un forraje utilizado como doble propósito en el área agrícola; para obtener su mayor calidad en contenido nutricional es preciso determinar la edad en la cual el sorgo se encuentra en sus mayores proporciones nutricionales que lo hagan más apto para ser cosechado y ensilado.

En la agronomía de nuestro país mayor mente las ganaderías utilizan el sorgo como alimentación de ganado empleando diferentes técnicas de producción para aumentar el rendimiento y facilitar al agricultor para su manejo.

En nuestra investigación nuestro principal objetivo fue Evaluar el rendimiento en biomasa del cultivo de sorgo CENTA S3 bmr, utilizando dos modalidades de siembra postura y a chorro seguido, en época lluviosa.

El experimento se realizó en la parcela número 6 conocida como el Carreto, del campo experimental de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental, departamento de Ciencias Agronómicas, ubicado en el Cantón el Jute jurisdicción y departamento de San Miguel, a la altura del kilómetro 144 y medio de la carretera de la ciudad de San Miguel que conduce a la ciudad de Usulután.

El ensayo fue realizado en la época lluviosa durante un periodo de 86 días, comprendidos desde la segunda semana de junio hasta la segunda semana de septiembre del año 2016. El diseño utilizado fue el de Bloques Completamente al Azar y la prueba estadística de Duncan.

Los tratamientos estuvieron comprendidos en cuatro densidades de siembra T1: Siembra a chorro seguido; T2: Siembra a 10 cm entre planta; T3: Siembra a 15 cm entre planta y T4: Siembra a 20 cm entre planta, manejados agronómicamente de igual manera.

La información contenida en esta investigación servirá para los ganaderos que utilizan como fuente de alimento el cultivo de sorgo, específicamente en la zona oriental del país; para la obtención de mayor rendimiento de biomasa, y utilidades económicas según sean las recomendaciones propuestas en los resultados de esta investigación.

2. MARCO DE REFERENCIA.

2.1. Origen histórico del sorgo.

Según(Doggett, 1988) el origen de las variedades de sorgos cultivados hoy en día son del silvestre sorghum bicolor sub especie Arundinaceum y la mayor variación en el género sorghum se encuentra en el cuadrante noroeste del África, abajo del Sahara.

Sin embargo el sorgo quizás sea originario de África Central, Etiopia y Sudan, pues es ahí donde se encuentra la mayor diversidad de tipos, esta diversidad disminuye hacia el norte de África y Asia, aunque los primeros informes muestran que el sorgo existió en la India en el siglo I después de cristo.

La producción de sorgo en Norteamérica, Suramérica, Europa y Australia se destina principalmente para alimento animal; aunque en Asia, África, USSR, China, África y América Central el grano es importante como alimento humano básico.

Los Fitogenetistas continúan buscando los tipos de sorgo para crear nuevos germoplasmas, con el objeto de incorporar características deseables dentro de las líneas genéticas actuales ya que los tipos salvajes encontrados en África Central y del Este no son aconsejables para la agricultura actual.

Las principales semillas de sorgo probablemente se llevaron al hemisferio Occidental en barcos de esclavos procedentes de África, no se sabe cuándo se introdujo la planta por primera vez en América.

En Europa se introdujo el sorgo en el año 60 después de cristo como cultivo doméstico.

2.1.1. Origen del sorgo CENTAS 3bmr.

Las mutaciones en los sorgos bmr fueron realizadas hace 15 años atrás, BMR son las siglas de Brown Mid Rib (nervadura marrón).

Este es un gen marcador que torna marrón la nervadura de la parte inferior del sorgo, esto no tiene ninguna importancia, lo que sí es interesante es que es también un marcador del forraje de escasa lignina y muy alta digestibilidad, aumentando la misma hasta un 55% comparada con la de los sorgos no bmr, tales incrementos están asociados con el incremento de rendimiento del animal.

El temor de que los cereales con lignina reducida causen problemas de vuelco fue una de las razones que le ha llevado un tiempo al sorgo bmr para introducirse en el mercado, lo cual ha sido superado con la aplicación de un esfuerzo de breeding, la resistencia al vuelco es definitivamente manejable.

2.3. Clasificación taxonómicadel sorgo.

Reino	Vegetal
Familia	Graminea
Tribu	Andropogoneae
Sub tribus	Sorghastrae
Generos	<u>Sorghum</u> y <u>cleistchne</u>
Sub generos	<u>Sorghum</u> (<u>Eusorghum</u>), <u>Parasorghum</u> .
Grupos	Halepencia y Arundinacea
Especies	<u>Sorghum vulgare</u> , <u>Sorghum bicolor</u> ,(Doggett, 19889).

(Doggett, 1988)respaldado por (House, 1985), en 1753 Linneus en un Species Plantarium se describieron tres especies de sorgo cultivado: Holcussorghum, H. saccaratus, y H. bicolor.

En 1794 Moench distinguió el género sorghum del genero Holcus, en 1805, Persoon creó el nombre sorghum vulgare para H. sorghum (L.) y en 1961 Clayton consideró el Sorghum bicolor (L) Moench como el nombre específico correcto de los sorgos cultivados y como tal ha sido aceptado desde entonces.

Varios taxónomos han clasificado al sorgo a través de los años, pero no es posible clasificar claramente las variedades simplemente examinando panículas conservadas en un herbario, son muy importantes las características de la planta viva, el tallo, las hojas, etc. Para obtener una clasificación más correcta, (Wall, 1970), las variedades de sorgo bmr se adaptan desde los 0 hasta los 1,500 msnm, en suelos arenosos, francos, arcillosos y con buen drenaje.

2.4. Importancia del sorgo.

Según (Paul, 1990) Después del trigo, (triticum aestivum) el maíz, (Zeamay) el arroz, (Orizasativa) y la cebada (Hordeum vulgare) el sorgo (Sorghum vulgare) se convierte en el quinto cultivo de gran importancia entre los cereales del mundo.

En nuestro país la importancia del sorgo radica en la utilización como grano y forraje para alimento animal en un sistema de producción y como parte esencial de un sistema de rotaciones para mantener la productividad y estabilidad estructural del suelo.

(Peterson, 1998) manifiesta que en algunas regiones del mundo el cultivo de variedades mejoradas e híbridas desarrolladas en las últimas dos décadas están sustituyendo al cultivo de maíz, por su alto grado de persistencia a enfermedades virosas, su poca demanda de agua, así como la resistencia a sequías y a las altas temperaturas.

Otras de las características del sorgo es su adaptación a una amplia gama de condiciones de suelo, además presenta a sí mismo una buena respuesta al riego y la fertilización.

En algunos países tropicales los bajos costos de producción permiten a las industrias mezclar la harina de trigo con la de sorgo para reducir las importaciones traduciendo en ahorro de divisas.

En el cuadro A-31, se presentan los valores nutritivos para las variedades forrajeras de sorgo bmr, CENTA S-2 bmr, CENTA S-3 bmr y CENTA S.-4 bmr, las cuales demuestran poseer buenas características para la alimentación bovina, siendo el ensilaje una de las mejores referencias nutricionales, mejorando la digestibilidad al momento del consumo y esto se convierte en mayor producción de leche y carne, lo que contribuye a las ganaderías a disminuir la ración alimenticia basada en concentrados. La relación entre la Fibra ácido detergente (FAD) y Fibra neutro detergente (NAD) Se observa en menor porcentaje en sorgos bmr y con mayor porcentaje en sorgos normales lo que hace a los sorgos forrajeros bmr mas digestibles y palatables al consumo animal.

2.5. Características del sorgo CENTAS3bmr.

Altura de planta (cm)	220
Días a flor	72 a 75
Días a cosecha de forraje para ensilaje	85 a 90
Rendimiento de materia verde para ensilaje (tm/mz)	65
Color de la planta	Canela
Taninos en grano	Imperceptible
Acame de tallo	Tolerante
Color de la vena en la hoja	Café
Plagas y enfermedades	Tolerante, (CENTA-MAG, 1995).

2.6. Anatomía y morfología del sorgo.

2.6.1. Órganos vegetativos.

2.6.1.1. Raíz.

La radícula sencilla es responsable del establecimiento de la plántula y es temporal, el sistema radical adventicio fibroso se desarrolla en los nudos más bajos del tallo, la profundidad de enraizado es generalmente de 1 a 1.3 metros con 80% de las raíces en los primeros 30 cm, el sistema radical adventicio fibroso se desarrolla de los nudos más bajos del tallo (Maiti, 1986).

(Doggett, 1988) Menciona que los depósitos de sílice en la endodermis de la raíz probablemente la fortalecen y le permiten soportar presiones altas durante periodos de sequía, las raíces de soporte pueden crecer de primordios radicales pero no son efectivas en la absorción de agua y nutrientes.

Los pelos absorbentes pueden ser el doble en número que el maíz, la resistencia a las presiones altas durante periodos de sequía lo causa los depósitos de sílice en la endodermis de la raíz (House, 1985).

2.6.1.2. Tallo.

(Doggett, 1988) Dice que el sorgo es generalmente una planta con un solo tallo, pero varía mucho en su capacidad de ahijamiento dependiendo de la variedad, la población de plantas y el ambiente, muchos tipos son perennes, la altura varía de 45 cm. a más de 4 m y depende del número de nudos que es igual al número de hojas producidas y es una función del período hasta la madurez de la planta; la altura también depende de las longitudes del entrenudo, pedúnculo y la panícula, y todos estos factores están bajo control genético separado.

Los tallos tienen 7 a 24 nudos y son erectos, sólidos con una corteza y una médula más suave, el diámetro del tallo varía de 5 a 30 mm en la base, los haces vasculares son más

numerosos, duros y pequeños hacía la periferia del tallo donde forman casi un anillo sólido,(Wall, 1970).

Las células del parénquima entre los haces interiores, tienen paredes delgadas; pero aquellas entre las periféricas son pequeñas, con paredes gruesas y lignificadas, las células del parénquima de los entrenudos de muchas variedades contienen almidón, esta acumulación difusa de almidón puede ser extensa especialmente en los sorgos dulces.

Según(House, 1985) los hijos en los tipos cortos son generalmente más largos que el tallo principal inmediatamente arriba de la juntura entre la vaina de la hoja en cada nudo hay una banda de raíces primordiales, arreglada en 1 a 3 anillos concéntricos alrededor del nudo, y de la cual se desarrollan raíces de soporte, hay una red compleja de haces vasculares del tallo hasta la hoja en la juntura del nudo.

2.6.1.3. Pedúnculo.

El entrenudo más alto que lleva la inflorescencia es el pedúnculo y es siempre el más largo, una buena ejerción permite que los granos queden fuera de la vaina de la hoja bandera y entonces se reduce el daño por plagas y enfermedades en la parte inferior de la panícula. La longitud del pedúnculo o ejerción está controlada genéticamente, pero los factores ambientales como la deficiencia de agua, pueden ejercer efectos pronunciados manifestó(House, 1985).

2.6.1.4.Hoja.

Según la variedad y la longitud del periodo de crecimiento el número de hojas varia de 7 a 24 hojas, las hojas maduras son de 30 a 135 cm de longitud y de 1.5 a 15 cm de ancho y se encorvan con la edad, los márgenes de las hojas son ásperos o lisos y pueden ser peludos hacia la punta, los estomas están en fila sencillas o doble en ambas superficies de la lámina, las filas de

células motoras en la epidermis superior facilitan el enrollamiento rápido hacia adentro de las hojas durante períodos de sequía.

La vena central es prominente, convexa abajo y cóncava arriba; blanca o amarilla en variedades con médula seca y verde en aquellas con médula jugosa.

(Doggett, 1988) sostiene que en algunas variedades se encuentran células de sílice en las últimas hojas y esto puede estar relacionado con la resistencia a algunas plagas de la hoja, el embrión tiene de 5 a 7 hojas embrionarias las cuales se establecen en intervalos de 3 a 6 días, al estar dañado, el tejido de las hojas se torna color canela, rojo o morado intenso, dependiendo del color de la planta, la última hoja producida es la hoja bandera y su vaina protege la inflorescencia que está emergiendo.

2.6.1.5. Vainadela hoja.

Su longitud varia de 15 a 35 cm con la máxima hacia el centro del tallo, la vaina de la hoja circunda el tallo y frecuentemente tiene márgenes sobrepuestos, las vainas fijadas a los nudos inferiores frecuentemente cubren los nudos de arriba, pero los superiores no se extienden hasta el nudo de arriba (House 1985).

(Benett, 1986) Nos menciona que sobre las vainas superiores se encuentra una pelusilla blanca polvosa de cera esta cera está presente también sobre el lado inferior de la lámina de la hoja y ayuda en la tolerancia a la sequía, la vaina de la hoja es lisa y a veces peluda cerca de la base, la lígula, entre la lámina y vaina, es corta (alrededor de 2 mm) e inicialmente transparente, volviéndose seca y quebrada más tarde. Las aurículas pueden ser triangulares o en forma de tira, la lígula y las aurículas pueden faltar, la “papada” es una banda transparente entre la lámina y la vaina de la hoja y da movilidad o flexibilidad a la misma.

2.7. ÓrganosReproductivos.

2.7.1.Inflorescencia.

Según (Benett, 1986) la exorción de la panícula es importante para la cosecha mecanizada y para la tolerancia a pestes y enfermedades, en algunas variedades, el pedúnculo esta encorvado, (House, 1985) sostiene que la inflorescencia es una panícula de racimos con un raquis central completamente escondido por la densidad de las ramas de la panícula o totalmente expuesto, la panícula inmadura es forzada hacia arriba dentro de la vaina más alta (el buche) después de que la última hoja (hoja bandera) se haya expandido, distendiéndola a su paso.

(Steele., 1976) manifiesta que la panícula es corta o larga, de 2 a 20 cm de ancho y lleva de 400 a 8000 granos, el raquis puede ser largo o corto, grueso o delgado, estriado, acanalado, peludo o glabro y con varias ramas en cada nudo, sus ramas están en verticilos y pueden ser largas o cortas, delgadas o gruesas, rígidas o flexibles, peludas o glabras y ramificadas cerca de la base o en la punta.

El raquis puede tener ramas secundarias y terciarias que llevan racimos de espiguillas, cada racimo tiene una o varias espiguillas (1 a 8 nudos) en pares, una sésil y la otra pedicelada o estéril. Los entrenudos varían en longitud, espesor y pubescencia, dependiendo de la variedad, la longitud de los raquis y ramas y la proximidad entre estas, determinan la forma de la panícula.

2.7.1.1. Las espiguillas pediceladas.

La espiguilla contiene 13 de dos glumas, las cuales encierran dos florecillas, la superior masculina con un lema que encierra tres anteras y la inferior estéril y representada únicamente por un lema, raras veces la espiguilla pedicelada tiene un ovario funcional y produce una pequeña semilla, las espiguillas pediceladas son normalmente lanceoladas y mucho más anchas que las sésiles, sus pedicelos pueden ser cortos o largos (0.5 a 3 mm) (Doggett, 1988).

2.7.1.2. Las espiguillas sésiles.

(House, 1985) comenta que la espiguilla sésil (3 a 10 mm de longitud) tiene dos glumas (superior e inferior) las cuales pueden rodear al grano ajustadamente o están abiertas en la madurez, las glumas tienen de 6 a 18 nervaduras con una gruesa y como quilla en cada lado, las glumas encierran dos florecillas, la superior perfecta y la inferior estéril y con un lema solamente, la cual encierra parcialmente la florecilla fértil, esta tiene un palea delgada y una lema con arista, las glumas son de color verde a la floración, pero cambian a crema, amarillo, rojo, café, morado o negro en la madurez, son peludas o glabras, duras o firmes en algunas variedades, quebradizas y delgadas como el papel en otras, la espiguilla varía en forma de lanceolada a casi rotunda y aovada.

Los estambres son tres, con anteras versátiles de cuatro lóculos cada una capaces de contener alrededor de 5,000 granos de polen, y un ovario de una sola célula con dos largos estilos que terminan en estigmas plumosos, algunas variedades producen dos semillas por espiguilla, debido a que la segunda florecilla es fértil (Doggett, 1988).

2.8. Etapas fenológicas del sorgo.

Según (Frederiksen, 1986) el cultivo del sorgo está compuesta por tres etapas: etapa vegetativa, reproductiva y periodo del llenado del grano, la etapa vegetativa se caracteriza por la germinación, desarrollo de la plántula, crecimiento de las hojas y el establecimiento de una porción significativa del sistema radical completo. La segunda etapa empieza cuando el meristemo apical empieza a diferenciarse un meristemo floral, continúa con el desarrollo de la inflorescencia y termina cuando tiene lugar la antesis; durante esta etapa, hay una elongación rápida de los entrenudos del tallo y expansión de las hojas. La tercera etapa, se caracteriza por el desarrollo y madurez del grano y la senescencia de las hojas, la primera etapa después de la

siembra tiene un periodo de 0-30 días, la segunda etapa de 30-60 días y la tercera etapa de 60-90 días.

2.8.1. Etapa de crecimiento.

Es la etapa vegetativa, comienza con la imbibición del agua por la semilla, pasando por la formación de la radícula, del coleóptido, crecimiento de hojas, tallos, finalizando con el inicio del primordio floral, en síntesis esta etapa comienza desde la siembra hasta el inicio del primordio floral manifestado por (Purseglove, 1972).

2.8.1.1. Fase de imbibición.

La imbibición empieza al momento de colocar la semilla en un medio húmedo, y esta empieza a absorber el agua inmediatamente o puede tener un retraso de varias horas si el contenido de humedad de la semilla es menor del 10%. Durante las primeras 24 horas el crecimiento por extensión y división depende totalmente del aprovechamiento de los aminoácidos, grasas y carbohidratos solubles, almacenados en el embrión, el embrión se encarga de producir giberelina que se difunde a las células del aleurona que circundan las células de almacenamiento de alimento del endospermo y la estimulan para liberar enzimas hidrolíticas, amilasa, fructosa y proteasa hacia el endospermo donde se produce la glucosa, fructosa y maltosa para ser transferidos finalmente al eje embrionario, la mayoría de Nitrógeno es transferido como glutamina (Miller, 1979).

(Garner, 1985) sostiene que las proteínas y materiales de las paredes de las células, a excepción del almidón, se hinchan al absorber agua y el volumen se incrementa 30 a 40 % durante las primeras 24 a 30 horas, la absorción de agua por el endospermo domina por ser la porción más grande de la semilla.

2.8.1.2. Fases de emergencia de la radícula y hoja en la punta del coleóptilo.

El coleóptilo aparece por primera vez arriba del suelo tres o cuatro días después del inicio de la imbibición, si la temperatura del suelo es adecuada (20 a 30° C); pero puede acabar 10 días o más si es de menos de 20° C, el coleóptilo es expulsado hacia arriba a través de la superficie del suelo, por la elongación del primer entrenudo (mesocótilo). La punta del coleóptilo, que está ahora arriba del suelo, se parte en el lado opuesto al escutelo y la primera hoja emerge.

El coleóptilo empieza su desarrollo con el hinchamiento de la semilla, con el rompimiento del tegumento y la aparición de la radícula y ahí el coleóptilo emerge, al alargarse el coleóptilo, las raíces laterales empiezan a brotar de la raíz primaria inmediatamente en la parte posterior de la zona de pelos absorbentes (la raíz seminal, con hasta cuatro ramas, se diferencia en el embrión) (Downes, 1968).

2.8.1.3. Fase de emergencia.

El coleóptilo emerge y es visible en la superficie del suelo, el crecimiento temprano usualmente es lento. El tiempo entre siembra y emergencia depende de la temperatura, humedad del suelo, cobertura y distribución de residuos vegetales, profundidad de siembra y vigor de la semilla. Se recomienda ajustar la fecha de siembra para que la germinación y emergencia ocurran en condiciones favorables.

La emergencia de la primera hoja arriba del suelo, pone a la planta bajo la influencia de la luz y esto resulta en la supresión del crecimiento del mesocótilo, el hipocótilo y el epicótilo y estimula la formación de clorofila. El área de la primera hoja es directamente proporcional al peso seco de la semilla de la cual se desarrolló, conforme empieza a crecer la plántula, se desarrollan más hojas, mientras que el coleóptilo se queda como una funda en la base de la plántula (Downes, 1968).

Poco después de que emerge la plántula (dentro de 7 a 10 días) se inicia el sistema radical adventicio a razón de alrededor de una raíz cada día y se desarrolla de las yemas en los nudos bajo tierra, el número total de raíces adventicias por planta, alcanza un promedio de 15 a 20, dependiendo de la intensidad de ahijamiento (House, 1985).

Una vez que empiezan a desarrollarse las raíces adventicias, el mesocótilo empieza a morir, la absorción de nutrientes del suelo se incrementa y la fotosíntesis empieza a apoyar el rápido desarrollo de los tejidos sobre y bajo la tierra, posteriormente ocurre una transición gradual, hasta que la cantidad de alimento guardado en el endospermo se agota y las raíces seminales empiezan a deteriorarse y son reemplazadas por el sistema radical principal de la planta, los hijos se desarrollan de yemas adventicias en el nudo basal, poco después de que se desarrollan las raíces secundarias.

2.8.1.4. Fasedecrecimientotempranodelashojasyeltallo.

Según (Walker, 1989) durante esta etapa de crecimiento, se incrementa la tasa de absorción de NPK las tensiones causadas por la competencia por luz y falta de nutrientes y agua, junto con plagas y enfermedades, pueden mermar el rendimiento drásticamente, debido a una reducción en el número de inicios de florecillas aún por producirse en la etapa reproductiva.

Tres hojas están completamente expandidas con sus lígulas visibles (tejido que une a la lámina de la hoja y la vaina) el ápice de crecimiento se encuentra por debajo de la superficie del suelo. Este estadio ocurre entre 10 y 20 días después de la emergencia, dependiendo de la temperatura y humedad del suelo.

En un ambiente constante, los inicios de las hojas aparecen en el ápice del tallo a una tasa particular para cada genotipo; el intervalo entre la aparición de los sucesivos primordios de las hojas se llama el plastócrono (Mitchell, 1953).

Las hojas empiezan la vida como una serie de primordios en los lados del meristemo apical y su desarrollo empieza por la división celular acompañada de la diferenciación en varios tejidos. Después de desplegarse la hoja, la división celular disminuye hasta que aquella este de 0.25 a 0.75 de su tamaño final; en seguida, una oleada de expansión y división celular causan un incremento rápido en el tamaño de la hoja.

Cinco hojas están completamente expandidas con sus lígulas visibles, el ápice de crecimiento se encuentra aún bajo la superficie del suelo, la planta inicia una fase de rápido crecimiento y acumulación de nutrientes. El sistema radical se expande rápidamente, en este momento se debe minimizar la competencia con las malezas para evitar pérdidas de rendimiento este estadio resulta de los 20 a 25 días después de emergencia.

El número potencial de hojas es definido entre 30 y 40 días después de la emergencia, en este estadio la planta alcanza su máxima tasa de crecimiento y absorción de nutrientes. El ápice de crecimiento está por encima de la superficie y cambia de producir hojas a formar panojas es decir cambio de función de vegetativa a reproductiva.

La hoja bandera visible produce un rápido elongamiento del tallo e incremento en el área foliar. La hoja final, “hoja bandera”, es visible en la parte superior de la planta (cogollo). La absorción de potasio es >40%, nitrógeno >30% y fósforo >20% del contenido final de nutrientes. Además, se ha alcanzado el 20% del crecimiento total.

2.9. Etapareproductiva.

Según (Paul, 1990)Apoyado por (House, 1985)alrededor de 30 días después del comienzo de la imbibición, se forma el inicio floral (diferenciación del punto de crecimiento) 1 a 30 cm arriba del suelo, cuando la planta tiene 35 y 40 cm de altura.

La etapa reproductiva, se inicia con la emergencia del primordio floral, continúa con iniciación de ramas primarias, secundarias; agrandamiento del ápice floral, glumas, espiguillas, formación de florcillas con sus estambres y pistilos, finalizando con la maduración de los órganos reproductivos (Salvador, 2007).

El crecimiento primario del tallo es el resultado de las células producidas inicialmente por el meristemo apical, primero hay diferenciación del pro cambio, luego del floema y finalmente del xilema, más tarde las células se expanden extensamente a lo largo de su eje principal, resultando en el crecimiento de los entrenudos y consecuentemente en una altura mayor del tallo.

(Milthorpe, 1979) manifiesta que en el sorgo, como en la mayoría de los cereales, no hay virtualmente elongación del tallo hasta después de la iniciación de la panícula; es entonces, que los 4 a 5 entrenudos superiores crecen extensivamente durante la etapa reproductiva

Según (Krieg, 1983) durante este período de crecimiento, ocurre una ramificación extensa del sistema radical adventicio, empezando cerca de la superficie del suelo, se puede dividir el desarrollo de la panícula en dos fases: la iniciación de las ramas y el desarrollo de las espiguillas, los inicios de las ramas primarias de la panícula son espirales y acrópetas desde la base y requieren de 5 a 6 días para completarse, el número total de ramas primarias y verticilos en la inflorescencia, está relacionado aparentemente con el tamaño del meristemo apical al inicio del proceso de diferenciación.

Al inicio del desarrollo de la espiguilla, y el último primordio de ramas se divide en dos partes, que constituyen los primordios de los dos pares de espiguillas, dos protuberancias (primordios de las glumas) aparecen en los primordios de las espiguillas.

En el estado de bota se alcanza el máximo valor de área foliar. El tamaño y el número potencial de granos por panoja queda determinado en este estadio. El “pedúnculo”, porción de tallo entre la hoja bandera y la panoja, empieza a elongarse. El tamaño final del pedúnculo varía de acuerdo al genotipo. Este estadio ocurre entre 50 y 60 días después de emergencia.

Las partes de las florecillas se diferencian acrópetamente, apareciendo primero el lema, seguida por la pálea y los lodículos; los primordios de los estambres aparecen al principio como papilas redondas que encierran el resto del primordio de la florecilla, las espiguillas en la parte superior de la panícula se desarrollan primero que en las ramas inferiores (Eastin, 1985).

(Blum, 1977) sostienen que el lapso de tiempo entre la terminación de la diferenciación acrópetas de las ramas primarias y secundarias por un lado, y la iniciación de la diferenciación de las espiguillas por otro, influyen el número de semillas en la base de la panícula, la diferenciación de las espiguillas de la punta hacia la base de la panícula requiere de 10 a 12 días.

Los híbridos tienen ápices reproductivos más grandes que sus líneas progenitoras y toman más tiempo aumentando el tamaño de las ramas basales, antes de la iniciación de las espiguillas.

(Walker, 1989) sostiene que a medida que se alargan los entrenudos y se expanden las láminas de las hojas rápidamente, durante esta etapa de crecimiento lineal la radiación, la temperatura ambiental, la humedad del suelo y el nivel de nitrógeno en el suelo, influyen las tasas de división y elongación y en consecuencia afectan el ritmo de incremento y la capacidad de la superficie fotosintética.

(Heath, 1973) menciona que al inicio de la etapa reproductiva alrededor de una tercera parte del área foliar total se ha desarrollado y la planta está ahora suficientemente grande para competir con malezas durante el resto de su ciclo de crecimiento, en un lapso de 40 a 50 días,

todas las hojas están totalmente expandidas, hay máxima intercepción de luz y la planta inicia la etapa de buche, lo cual ocurre entre 6 a 10 días antes de la floración

Hasta este momento el inicio floral ha desarrollado una panícula completa racimos y la única manera en que el ambiente puede influenciar el número de semillas es mediante el aborto de florecillas o la interferencia con la polinización y la fertilización, de esta manera se ha determinado el tamaño potencial de la panoja.

La elongación de la caña llegó a su fin y el pedúnculo pronto se extenderá rápidamente para causar la ejerción de la panoja, de la vaina de la hoja bandera, el sistema radical ahora está completamente establecido y 60 a 70 % del peso seco total de la planta se ha acumulado (House, 1985).

Según (Vanderlip, 1972) al terminar la etapa reproductiva cuando la inflorescencia se desarrolla rápidamente al 21% del 50 % de floración, lo cual sucede entre 55 a 70 días en climas cálidos; pero puede tener una gama de 30 a 100 días o más, dependiendo de la variedad y la temperatura.

Cualquier tipo de tensión durante esta etapa, puede tener efectos marcados sobre el rendimiento por reducciones en el tamaño de la planta, especialmente del área foliar y del número de semillas por panoja (Krieg, 1983).

2.9.1. Antesis (floración).

Al alcanzarse el 50 % de la floración, aproximadamente una mitad de la materia seca total se ha producido y la absorción de nutrientes ha alcanzado casi 70, 60 y 80 % de las cantidades totales de N, P, K respectivamente, el peso de las hojas es máximo en este momento, mientras que el de la caña alcanza su máximo alrededor de cinco días más tarde (Wall, 1970).

Según (House, 1985) la inflorescencia del sorgo usualmente empieza la dehiscencia de las anteras y salida del polen cuando el pedúnculo ha terminado su elongación. La primera flor que se abre es la terminal o la segunda de la rama más alta en la panícula, las flores en un plano horizontal a través de la panícula se abren al mismo tiempo.

Los filamentos se extienden rápidamente hasta ocho veces su longitud original alcanzando 10 a 15 mm, las anteras se tornan pendientes y la dehiscencia ocurre con muy pocas de las flores esta minadas esparciendo polen, alta temperatura y humedad de la atmósfera y un tiempo húmedo y frío pueden retrasar la dehiscencia. Las flores permanecen abiertas por alrededor de 15 min a 4 horas, durante el período de apertura entre las 22:00 y las 08:30 horas (Purseglove, 1972).

Las glumas se encierran lentamente y no se abren otra vez, aunque las anteras vacías y los estigmas quedan fuera todavía (excepto en los tipos con glumas largas). Una sola panícula puede producir 60, 000, 000 granos de polen los cuales son viables solamente durante 3 a 6 horas, los estigmas permanecen receptivos entre 1 o 2 días antes de la floración y alrededor de ocho días después, si no han sido polinizados, no obstante, el tiempo más apropiado para la polinización es dentro de las 72 horas posteriores a las aperturas de las flores manifestado por (Doggett, 1988).

2.9.2. Etapa de llenado del grano.

Grano pastoso la formación de granos se inicia inmediatamente después de floración y éstos se llenan rápidamente (alcanzando el 50% de su materia seca total). Los tallos pierden peso debido al proceso de removilización hacia los granos, los cuales son la principal prioridad para la planta. Por lo tanto, sin un buen balance entre hojas (fuentes) y granos (destinos), la duración del

llenado puede acortarse. Un estrés severo en esta etapa puede producir granos abortados y/o livianos.

Grano duro los granos alcanzan 75% de su materia seca final y la absorción de nutrientes ha sido casi completada. Las hojas inferiores pierden funcionalidad debido a la removilización de nutrientes pudiendo observarse su senescencia.

En la madurez fisiológica los granos han alcanzado su máximo peso seco. La madurez del grano se identifica buscando un punto oscuro, la “capa negra”, en la parte inferior. La humedad del grano varía entre 25 y 35%. El momento de cosecha depende de las condiciones ambientales. El secado artificial puede ser promovido por medio del uso de desecantes, los cuales no afectarían el rendimiento cuando son aplicados con posterioridad a este estadio.

Según (Salvador, 2007) esta etapa comprende: Polinización, fecundación del ovario, desarrollo y maduración del grano.

2.9.2.1. Polinización y fertilización.

En el sorgo la polinización puede proceder de estambres de la misma flor, de otras flores en la misma inflorescencia o de otras inflorescencias, los estigmas expuestos antes de la dehiscencia de las anteras, están sujetos a la polinización de otra inflorescencia de otra planta, lo que está influenciado por la dirección del viento y el tipo de panícula, estando las abiertas más expuestas al cruzamiento que las compactas, el cruzamiento es más pronunciado en la parte superior de la panícula, por el orden de la floración.

El sorgo es primordialmente auto fecundado; pero el cruzamiento es usualmente de 2 a 10 %, algunos tipos de sorgo son cleistógamos por que las glumas no se abren, permitiendo la autofecundación de la flor cerrada, el sorgo es una planta de días cortos y se acelera la floración

con días cortos y noches largas, los tipos fotoinsensibles permiten la adaptación geográfica de las variedades (Doggett, 1988).

2.9.2.2. Desarrollo y maduración del grano.

El rendimiento final del grano, es una función de la duración de este período y de la tasa de acumulación de materia seca en el grano en desarrollo (Eastin, 1985).

(Downes, 1968)menciona que el cigoto o huevo fertilizado que producirá el embrión, no se divide inmediatamente después de la fertilización si no que entra en un período de latencia de 6 a 22 horas.

El endospermo primario, sin embargo, no tiene un período de latencia y los procesos generales de crecimiento continúan en el saco embrionario y en otras partes del óvulo, el ovario empieza a alargarse por la división y expansión de las células, incrementando su tamaño hasta 50 % durante las primeras 24 horas.

Después de ocho días el endospermo ha reemplazado casi todo el tejido nucelar y la carióspside alcanza su volumen máximo alrededor de 12 a 20 días después de la polinización

Para el sexto o séptimo día después de la polinización, la diferenciación de los órganos bajo la forma del eje raíz-tallo es visible y el meristemo apical se define claramente a los ocho días como un domo de tejido meristemático justo debajo de la media luna del primordio del coleóptilo.

El primer primordio foliar se forma a los nueve días y entre 3 y 6 días se da la diferenciación de las hojas embrionarias sucesivas hasta un total de 5 a 7, la iniciación de las hojas termina 25 días después de la polinización y no ocurre más actividad meristemática (Wall, 1970).

(Krieg, 1983) manifiesta que la radícula aparece alrededor de seis días después de la polinización, como un domo endógeno en la región central del embrión; la caliptra es visible claramente entre el ápice de la raíz y la coleorriza (vainas de la raíz) en el día 12 y hasta el día 25, la radícula ha alcanzado su tamaño máximo, el grano llega a la madurez morfológica alrededor de 14 días antes de alcanzar la madurez fisiológica

Una región entre los nudos coleoptilar y escutelar, es sujeta a un incremento intercalado y de 10 a 1 días después de la polinización llega a ser el primer entrenudo (mesocótilo) (Wall, 1970).

(Paul, 1990) menciona que la acumulación de almidón es aparente 4 a 5 días después de la antesis empezando la deposición en la región de la corona, donde las células del endospermo son más maduras, y progresando rápidamente hacia abajo y hacia afuera, la tasa de acumulación de materia seca en los granos es aproximadamente lineal durante todo el período de crecimiento, excepto por un período de retraso después de la fertilización y antes de la madurez fisiológica

Según (Eastin, 1985) la duración del período de retraso en sorgo puede ser de aproximadamente 14 días, esto significa, alrededor del 40 % de la duración efectiva del llenado de los granos, durante este período de retraso, los granos permanecen en un estado semilíquido conocido como la “fase lechosa”, los requerimientos de asimilados por la panícula durante el período de retraso son bajos y existe una tendencia hacia la acumulación de reservas en el tallo y las hojas.

En la segunda mitad del período de retraso según (Walker, 1989) el grano empieza a aumentar de peso rápidamente conforme se acumula materia seca de la fotosíntesis en las hojas y la panícula y como resultado de un movimiento substancial de productos asimilados almacenados en el tallo, las vainas de las hojas y las hojas, antes de la antesis.

Estos productos asimilados pueden constituir hasta 12 % del peso final de los granos, especialmente si prevalecen las condiciones de tensión como el sombreado y la sequía (Krieg, 1983).

Para (Fisher, 1971) Aproximadamente 90 % del rendimiento de grano se debe a la fotosíntesis en la panícula y las cuatro hojas superiores.

Durante la etapa lechosa, las raíces empiezan a mostrar senescencia, las células centrales del mesófilo acumulan rápidamente almidón hasta casi 21 días después de la fertilización, cuando el grano alcanza el tamaño máximo(Vanderlip, 1972).

Para (House, 1985) la madurez se manifiesta por la aparición de una capa negra (acumulación de pectinas en las células del floema) en la región hilar, que tapa los haces vasculares y termina el movimiento de productos asimilados hacia el grano, la madurez sigue la secuencia de florescencia, de arriba hacia debajo de la panícula, después de la madurez fisiológica, las hojas funcionales que quedan se mantienen verdes o bien mueren, cuando los granos empiezan a secarse, puede haber desecación y desprendimiento de cuatro o cinco de las hojas inferiores presentando diferencias varietales en la tasa de senectud del resto de las hojas.

2.10.Requerimientosdeclimaysuelo.

2.10.1. Clima requerido.

2.10.1.1. Altura.

El sorgo puede cultivarse desde 0 a 1 000 m.s.n.m, sin embargo las mejores producciones se obtienen en zonas comprendidas de 0 a 500 m.s.n.m.

2.10.1.2. Temperatura.

Por ser una especie de origen tropical, el sorgo requiere temperaturas altas para su desarrollo normal, siendo por lo tanto más sensibles a las bajas temperaturas que otros cultivos,

para una buena germinación, el suelo, a 5 cm de profundidad, debe tener una temperatura no inferior a los 18° C. Si el suelo estuviese más frío, entre 15 y 16° C, tendría una emergencia lenta y des uniforme, con plántulas débiles y rojizas, durante la floración requiere una mínima de 16° C, pues por debajo de este nivel se puede producir esterilidad de las espiguillas y afectar la viabilidad del (Manual de sorgo 2017).

El crecimiento de la grano de polen, temperaturas muy altas durante los días posteriores a la floración reducen el peso final del grano planta no es verdaderamente activo hasta que se sobrepasan los 15° C, situándose el óptimo hacia los 32° C, al principio de su desarrollo, el sorgo soporta las bajas temperaturas de forma parecida al maíz, y su sensibilidad en el otoño es también comparable.

Según (Salvador, 2007) debido a su origen tropical, el sorgo se adapta bien a temperaturas que oscilan entre los 20 y 40° C, temperaturas fuera de este rango provoca la aceleración de la anthesis, aborto de flores y de los embriones.

El sorgo forrajero es una especie que se adapta bien a zonas donde el maíz se ve limitado en su producción y calidad por problemas edáficos y/o climáticos, su morfología y fisiología hacen que tenga una alta resistencia a la desecación (capacidad de transpiración relativamente pequeña en relación a la gran capacidad de absorción de las raíces, capacidad de enrollar las hojas y cerrar las estomas para disminuir la evaporación durante períodos de estrés hídrico), que le permite resistir la sequía.

Cuando producimos en un ambiente de mucha luz y de alta temperatura hay un excedente de luz (90 a 95 %) que la planta no utiliza para la fotosíntesis y que se transforma en calor en la hoja y suelo, la planta responde al calor transpirando para refrigerarse pero aun con este mecanismo de defensa de la temperatura puede llegar a un punto en donde la pérdida de agua es

tan alta que la planta cierra los estomas para evitar la pérdida de agua, líquido valioso para sus procesos metabólicos, este cierre de estomas trae como consecuencia que la planta para su maquinaria fisiológica, deje de producir fotosintatos y detenga la circulación del agua, esto afecta directamente el crecimiento de la planta.

Las altas temperaturas medias reducen el ciclo del cultivo y las bajas temperaturas lo alargan, las temperaturas ligeramente abajo del punto de congelación, mataran al sorgo en casi todos los estados de crecimiento y las bajas temperaturas ($< 10\ 0\ ^\circ\text{C}$) causan reducciones en el área foliar, el ahijamiento, la altura de la planta, la acumulación de materia seca y un retraso en la fecha de floración.

2.10.1.3. Fotoperiodo.

El fotoperiodismo es la respuesta del crecimiento a la duración de los períodos de luz y oscuridad; la mayoría de las plantas se sitúan dentro de una de 3 categorías: días cortos, días largos y días neutrales. Las plantas de días cortos requieren para florecer de un período oscuro que exceda una duración crítica y no lo pueda hacer bajo iluminación continúa; en plantas de días largos, la floración se inhibe cuando el período oscuro excede una duración crítica y puede florecer bajo iluminación continúa; los días neutrales inician flores bajo cualquier duración de la luz.

(Devlin, 1975) menciona que un fotoperiodo de alrededor de 10 horas es óptimo para el sorgo, las variedades sensibles sembradas en América Central después de principios de septiembre, no se desarrollan lo suficiente vegetativamente antes de que sea recibido el estímulo para la floración durante los días cortos entre octubre y enero; la siembra de estas variedades fotosensibles durante el período de abril a agosto, las deja en un estado vegetativo hasta octubre, la foto sensibilidad es útil cuando la floración y madurez son requeridas en un momento

específico cada año tal como en los sistemas de cultivos de maíz y sorgo en Centroamérica; sin embargo, la insensibilidad al fotoperiodo es necesaria en variedades de estación corta que se requieran sembrar en cualquier momento para ser cosechadas en cualquier tiempo predeterminado, especialmente bajo condiciones de riego.

2.10.1.4. Precipitación.

Los sorgos fotoincentivos necesitan una mayor cantidad de humedad en el suelo para la polinización y llenado del grano; comparados con las 29 fotoincentivos (criollos) que requieren una mínima reserva de humedad en el suelo para completar satisfactoriamente estas etapas de desarrollo, en general el sorgo requiere de 550 mm de agua en todo el ciclo de cultivo y bien distribuidos para una óptima producción dicho por (Salvador, 2007).

Para (Gudiel, 1987) el sorgo requiere de una precipitación como mínimo de alrededor de 600 m.m.

2.10.2. Suelorequerido.

Debido a su diversidad de tipos y su rusticidad o resistencia general, el sorgo puede adaptarse a suelos muy distintos, si bien hay que evitar sembrar en los suelos que permanezcan inundados durante largos periodos de tiempo, ya que ello provocaría la asfixia radicular.

(Jordan, 1979) manifiesta que los sorgos se desarrollan bien bajo diferentes condiciones de suelo, no obstante, prefieren los suelos francos, franco arcillosos, franco arenoso, profundos y fértiles, con un pH de 5.5 a 7.5.

2.11. Labores culturales.

2.11.1. Preparación del suelo.

Según (Doggett, 1988) el terreno deberá prepararse con anticipación a la siembra o trasplante, la preparación puede realizarse en forma mecánica, con tracción animal o laboreo

mínimo, dependiendo de las condiciones en donde se siembre, el suelo se debe preparar unos 30 días antes de la siembra, para poder sembrar la barrera vegetal y así lograr que ésta pueda tener un tamaño adecuado para cuando se trasplante o se siembre el cultivo.

Según sean las condiciones de cada terreno la preparación la podemos dividir en las siguientes fases.

2.11.1.1. Sub-suelo.

(Capella, 2003) sostiene que los lotes que se han usado para ganadería por muchos años, y se van a sembrar en cultivos, es aconsejable al preparar el suelo des compactarlos por medio de arados de disco o de cincel, si la topografía de este lo permite, esta actividad se recomienda principalmente para aquellos terrenos en donde nunca se ha laboreado, donde ha existido mucho paso de maquinaria, la cual ha compactado el terreno, donde hubo ganado pastoreando, y/o en general cada uno o dos años para evitar el piso de arado, puede efectuarse durante la época seca, y puede darse una o dos pasadas en forma cruzada.

El propósito del subsolado es precisamente eliminar el compactamiento existente en el suelo, permitiendo así, mejor penetración del sistema radicular, mejor aireación y un mejor drenaje, el subsolado se hace con maquinaria agrícola pesada que pueda penetrar los cinceles a por lo menos una profundidad de 60 cm.

2.11.1.2. Arado.

Se recomienda remover la parte superficial del suelo a profundidades que varían hasta los 45 cm, el objetivo principal de esta labor es voltear la superficie del suelo para que los desechos vegetales puedan descomponerse e incorporarse al suelo; además se logra exponer a las plagas del suelo para que sirvan de alimento a las aves, generalmente se usa el arado de vertedera o el

de disco, esta práctica debe repetirse cada vez que se establece un cultivo, procurando hacerla cuando el suelo tiene todavía más del 30% de humedad.

2.11.1.3. Rastro.

Tiene dos etapas: La primera antes del subsuelo para picar los desechos vegetales, la segunda persigue pulverizar los terrones que han quedado después de la aradura, ésta debe de realizarse cuando el suelo tenga cierto grado de humedad que permita que los terrones se desmenucen, se puede utilizar rastra pesada o rastra pulidora, el número de pasadas, depende del tamaño de los terrones y el mullido que se quiera dejar, pero se recomienda dejar lo más mullido que se pueda, porque de esta labor depende mucho la calidad y eficiencia del cultivo. Antes de esta actividad se aprovecha para incorporar las enmiendas de cal y las aportaciones de materia orgánica que se hagan en el terreno.

2.11.2. Época de siembra.

2.11.2.1. Primera.

Se recomienda realizar las siembras en la época comprendida entre la primera quincena de mayo y la primera quincena de junio; esto permite obtener un mayor número de cortes, según el desarrollo y el ciclo vegetativo del cultivo, como del manejo que se dé al mismo.

2.11.2.2. Postrera.

Es recomendable sembrar desde la segunda quincena de julio a principios de agosto, a fin de lograr el mayor número de días con lluvia, tiene la desventaja de lograr solo dos meses y medio de lluvia aproximadamente, lo cual limita la obtención de mayor número de cortes, a menos que exista riego.

2.11.2.3. Riego.

La humedad, fertilidad y el fotoperiodo son factores limitantes del rendimiento en variedades forrajeras, en días cortos (noviembre, diciembre y enero) las siembras de sorgos forrajeros reducen mayormente su rendimiento, en este sistema, el agricultor puede decidir sobre la época de siembra apropiada.

2.11.3. Semilla.

Es muy importante usar semilla que sea de alta germinación (mínimo 85%) y de pureza varietal, características que son garantizadas por los productores de semilla, Para sembrar una hectárea de sorgo CENTA S-2 se utilizan 16 kg/ha (25 lb/mz.) (CENTA-MAG, 1995).

2.11.4. Distanciamiento de siembra.

Se recomienda el distanciamiento entre surco de 50-80 centímetros, el distanciamiento entre planta es de 8 a 10 cm. cuando es para forraje (ensilaje). En terrenos de baja fertilidad y poca humedad, la densidad de siembra es menor que las indicadas, el establecimiento de poblaciones adecuadas ayuda a mantener el equilibrio entre los nutrimentos que asimilan las plantas y la superficie utilizada, por lo anterior, es necesario controlar la densidad de siembra mediante el número de plantas por postura de siembra y el distanciamiento entre plantas y surcos.

2.11.5. Siembra.

La cama deberá estar completamente suelta con humedad adecuada y limpia de malas hierbas, para que la semilla al germinar no emerja en condiciones desfavorables, la siembra deberá realizarse en el fondo del surco, si el suelo es liviano y de buen drenaje; en el camellón si es pesado y con buen drenaje, la profundidad a que debe sembrarse la semilla dependerá de la

textura del suelo, aunque en términos generales se recomienda que si el suelo es arenoso la siembra debe efectuarse a 5 cm de profundidad, si es arcilloso a 3 cm.

Según (CENTA-MAG, 1995) la siembra se hace a chorro seguido con sembradora mecánica, colocando la semilla entre 1 y 3 cm de profundidad la distancia entre hileras puede ser de 18, 36, 54 o 72 cm, dependiendo del equipo disponible y de la densidad de siembra a utilizar. En general, para la época de invierno se recomiendan distancias no menores a 36 cm entre hileras y para la siembra con riego por gravedad, espaciamientos de 50 cm para facilitar el manejo.

La densidad de siembra, cuando se usan distancias de 18 y 36 cm, debe ser de 300.000 plantas/ha y para espaciamiento de 54 y 72 cm entre 200.000 plantas/ha, las poblaciones más altas se recomiendan cuando se tienen condiciones adecuadas de humedad.

Para decidir la cantidad de semilla a usar de acuerdo a las densidades recomendadas, es necesario conocer el número de semilla/ha de semilla que tiene el material que se va a sembrar y el porcentaje de germinación, información que generalmente se incluye en las mismas bolsas de semilla; esta cantidad es aproximadamente 12 kg/ha, según (CENTA-MAG, 1995).

2.11.6. Raleo.

Esta labor conocida también como deshije, consiste en regular la densidad de plantas, la cual depende del propósito del cultivo y de la variedad, se recomienda efectuar el raleo cuando las plantas alcancen una altura de 10 o 15 cm. lo cual ocurre entre los 10 o 15 días después de la siembra, dependiendo de las condiciones de humedad del suelo y los sistemas de cultivo intercalados con sorgo, el raleo es una operación costosa que puede evitarse utilizando semillas de buena calidad así como la cantidad adecuada

2.11.7. Aporco.

Esta práctica se recomienda realizarla 15 días después de haber sembrado o recepado el sorgo, y se hace con el fin de que ayude a la fijación de la planta y permita eliminar hiervas, el objetivo de esta operación es tapar el fertilizante, controlar malezas y proveer algún drenaje al suelo.

2.11.8. Fertilización.

(Graetz, 1985) Destaca que para mantener un crecimiento sano de la planta, es necesario que el suelo posea un amplio rango de nutrientes, las plantas absorben los elementos nutritivos en ciertas proporciones, es importante que los nutrientes se mantengan balanceados en el suelo, para satisfacer las necesidades individuales de los cultivos.

Para crecer, las plantas necesitan 16 nutrientes esenciales y otros complementarios, estos los conseguimos del aire, del suelo y de los minerales del suelo (o materia orgánica).

Los productores deben conocer la cantidad, forma y época de aplicación de los fertilizantes químicos, además de todos los factores que afectan la buena utilización de los fertilizantes como: pH, contenido de materia orgánica, humedad disponible y tipo de suelo.

Según (Sarasola, 1975) los requerimientos de fertilizante del sorgo para la región de América Latina bajo condiciones de riego son los siguientes: 80 kg. P₂O₅.ha⁻¹, 60 kg. N.ha⁻¹ para suelos con 50 ppm de disponibilidad. El nitrógeno es entre los elementos esenciales el que es absorbido en mayor cantidad por el sorgo siendo exigido durante todo el ciclo de la planta, entre tanto es considerado muy poco absorbido en los primeros días, siendo esta fase garantizada hasta aproximadamente los 30 días. Deficiencias a partir de ese período afectan no solo el rendimiento sino también a la calidad del grano, por disminución del contenido de proteínas.

La fertilización nitrogenada, en la mayoría de los suelos, es una medida correcta y necesaria, su dosificación será adecuada si satisface la demanda de la planta y armoniza simultáneamente con las exigencias de ácido fosfórico y potasa, en este caso se convierte en un medio eficaz para el incremento de los rendimientos, a la vez que es un mejorador de la calidad de los productos cosechados (Jacob 1973). Por lo tanto no se debe de ir más allá de la época de floración para no tener perjudicada la producción (Sarasola, 1975).

(Graetz, 1985)manifiesta que el nitrógeno favorece el crecimiento rápido y aumenta la producción de las plantas, forma la proteína en cultivos alimenticios y forrajeros, si se aplica nitrógeno en exceso, puede retardar la maduración de la planta y favorece su susceptibilidad a enfermedades.

Antes de decidir la cantidad de fertilizante a aplicar es conveniente tener un análisis del suelo de la finca, el cual puede ser realizado en laboratorio de suelos MAG, que le indicara el contenido de nutrimentos del suelo y la cantidad de fertilizante recomendado.

Una recomendación muy general es de 90-60-30 kg/ha de N, P Y K respectivamente. Si se utiliza abono de la fórmula 10-30-10 se deben aplicar 184 kg/ha de fertilizante a la siembra y 174 kg de urea o 242 kg de nitrato de amonio o 372 kg de sulfato de amonio por hectárea, 22 días después de la emergencia.

2.11.9. Plagasyenfermedades.

2.11.9.1. Plagas.

Las principales plagas que causan severos daños durante el desarrollo del cultivo son diversas; para discutir aspectos relacionados con el daño que provocan y los métodos de control se han dividido en tres grupos: Plagas del suelo, plagas del follaje y plagas de la panoja.

2.11.9.1.1. Plagasdelsuelo.

Phyllophagasp. (Gallina ciega, Chorontoco, Oruga, Gusano blanco), Se alimenta de raicez y bases del tallo por lo que causan la marchitez y muerte de la planta.

Melanotussp., Aeolussp. (Gusano de alambre) se alimenta de raicez y base del tallo causando marchitez y muerte a la planta.

Blapstinussp., Ulussp., Epitragussp. (Piojo de sope) daña los granos proximos a germinar asi como las raicez de las plantas ya germinadas causando la muerte.

Agrotissp., Feltiasp. (Gusano cuerudo, tierrero, hecheros, cortadores) se alimentan de raices y bases del tallo por lo que causan la marchitez y muerte de la planta.

2.11.9.1.1.1. Controlparalaspagasdelsuelo.

Para todas estas plagas se debe tratar la semilla antes de sembrar con insecticidas como: Marshall en dosis de 4 lb (1.8 Kg) por 100 lb (45.3 Kg) de semilla. Gaucho: tratar la semilla antes de sembrarla con 3 a 5 libras por 100 libras de semilla.

2.11.9.1.2. Plagasdelfollajeypanoja.

Las plagas del follaje y panoja que ocasionan daños de consideración al cultivo de sorgo, provocando decrementos en la producción de grano y de forraje, Spodopterafrugiperda (Gusano cogollero) puede actuar como cortador hasta aproximadamente los primeros 22 días del cultivo, luego ataca al cogollo, puede actuar como barrenador y se alimenta del grano en maduración, Spodopteraexigua (Gusano soldado) daña el follaje, se alimenta de mesófilo de las hojas dejando las nervaduras foliares, es más notorio en etapas tempranas del crecimiento y se alimenta del grano en maduración, Spodopteraspp (Gusano cortador) Se alimenta de raíces, la base del tallo y follaje de las plántulas, también se alimenta del grano en maduración.

2.11.9.1.2.1. Control.

Cuando el cultivo tiene menos de 22 días de edad, aplicar uno de los siguientes insecticidas; antes de aplicarlo considerar un nivel de daño de 12% de plantas dañadas. Azodrin 50% CE, Volaton 50% CE, Volaton G. 2.5% y Extractos de semilla de Nim, Rienda 1 copa Bayer/bombada.

2.11.9.1.2.2. Pájaros.

(Bruggers, 1982) menciona que los pájaros (principalmente tejedores, golondrinas, cuervos, palomas, pericos y gallinas) constituyen una plaga seria, especialmente donde el área de sorgo ya maduro es pequeña, al nivel del agricultor en pequeño, golpear latas y calabazas, traquear látigos, gritar y arrojar piedras, se usan con efectividad; pero donde los campos son grandes estos métodos son caros e impracticables.

2.11.9.2. Enfermedades.

Según (Jordan, 1979) el cultivo del sorgo sufre comúnmente ataque de enfermedades que perjudican la producción de grano y forraje, así también deteriorando además su valor nutritivo, estas enfermedades varían, en cada área y de año en año debido a diferentes condiciones ambientales, híbridos, prácticas culturales, variación en los organismos causales o a la interacción de cualquiera de estos factores.

Económicamente estas son algunas enfermedades que mayor daño causan al cultivo las cuales son: Mildiú veloso (Helminthosporiumsp.), Mancha gris de la hoja (Cercosporasorghii), Antracnosis y pudrición roja (Gleocercosporasorghii), Pudrición del tallo (Fusarium) (Colletotrichumgraminícola), Mancha zonal de la hoja sp), últimamente se ha reportado la enfermedad de la panoja conocida como Mildiú veloso (Sclerosporasorghii), Tizón de la hoja

Ergot (Sphaceliasp.). Para el control de estas enfermedades se recomienda del uso de variedades tolerantes.

2.11.10. Control de malezas

Para este control es necesario saber que el sorgo es un cultivo es de crecimiento lento al inicio, y es afectado por la competencia de malezas, por la cual es preciso hacer una buena preparación de suelo para mantener el cultivo limpio en los primeros días y, en consecuencia, asegurar un mejor aprovechamiento de los fertilizantes aplicados y con ello lograr un mejor desarrollo del mismo (Salvador, 2007).

El control de malezas debe realizarse siempre, para evitar que estas compitan por luz, agua y nutrientes con los cultivos, el control puede ser mecánico, químico o manual, en forma química se recomienda utilizar: Dual 960 en dosis de 1.7 a 3 l/ha más atrazina 80, 1.3 a 2.0 kg/ha, ya sea en pre-siembra incorporado o pre-emergencia, Lasso 4E, 3.8 a 5.0 l/ha más atrazina 80, 1 a 1.3 kg/ha., aplicado en pre-siembra o pre-emergente

Cuando se aplica herbicidas como Dual y Lasso deberá protegerse la semilla con un neutralizador como CONCEP II, en dosis de 3 a 3.5 onzas para 45 kilogramos de semilla, en 400 a 500 cc de agua(Deras, 2000).

2.11.11. Cosecha.

La cosecha puede ser manual o mecánica, depende de la forma de siembra o topografía del terreno.

El corte debe hacerse a una altura de 10 cm del suelo para estimular el rebrote CENTAMAG, 1995. Una prueba simple para determinar el grano cosechable es la de la uña del dedo pulgar, cuando el grano apenas no puede ser endentado por la uña del pulgar, está listo para ser cosechado (Doggett, 1988).

(Cormick, 1984) Indica que hay que cortar y cosechar el sorgo para forraje cuando este se encuentra en la etapa de masa suave (masoso-lechoso) de la madurez, ya que es aquí donde se alcanzan los rendimientos máximos tm/ha sin reducir apreciablemente su calidad nutritiva.

2.11.12. Rendimiento en biomasa.

El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz, macadamia), del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros). Esta es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que nuestros ancestros descubrieron el secreto del fuego.

Las fuentes más importantes de biomasa son los campos forestales y agrícolas pues en ellos se producen residuos (rastros) que normalmente son dejados en el campo al consumirse sólo un bajo porcentaje de ellos con fines energéticos.

Se considera que la biomasa es una fuente renovable de energía porque su valor proviene del Sol, a través del proceso de fotosíntesis, la clorofila de las plantas captura su energía, y convierte el dióxido de carbono (CO₂) del aire y el agua del suelo en carbohidratos, para formar la materia orgánica, cuando estos carbohidratos se queman, regresan a su forma de dióxido de carbono y agua, liberando la energía que contienen.

Según (Fontanetto, 1977) el éxito de un cultivo depende de múltiples factores: Edáficos, ambientales, económicos-financieros y de manejo, pudiéndose afirmar además que el rendimiento está estrechamente relacionado con la cantidad de semillas útiles que se siembran por metro cuadrado o metro lineal de surco, y con el número de plantas logradas a la cosecha.

(Evans, 1976) sostiene que con alguna variante entre especies y aún dentro de cada especie, se puede generalizar que en todos los cultivos se busca maximizar cosechas, lo cual está ligado con la producción de materia seca total y a la eficiencia del proceso de partición que se expresa en el índice de cosecha.

Para (Bernardis, 2001) la demanda de nutrientes se da a partir de V5 (visible la hoja 5), (20 a 30 días posteriores a la emergencia) y hasta 10 días previos a la floración, período en el cual el cultivo toma aproximadamente el 70 % de los nutrientes requeridos, por lo tanto una buena nutrición desde los primeros estados de desarrollo producirá una cantidad de área foliar suficiente para interceptar la mayor parte de la radiación incidente y asegurar así una alta eficiencia para transformarla en biomasa, la producción de materia seca está estrechamente vinculada con el aprovechamiento de la radiación incidente, de la capacidad de campo para interceptarla y la eficiencia del cultivo para transformarla.

Las mayores exigencias en agua comienzan unos 30 días después de la emergencia y continúan hasta el llenado de los granos, siendo las etapas más críticas las de panoja miento y floración, puesto que deficiencias hídricas en estos momentos producen importantes mermas en los rendimientos.

Los mayores rendimientos se logran cuando el uso de agua esté disponible durante toda la estación de cultivo, a pesar que el sorgo tiene la capacidad de permanecer latente durante la sequía, para volver luego a crecer en períodos favorables, las situaciones de estrés modifican su comportamiento: El inicial conduce generalmente a una prolongación del ciclo del cultivo, mientras que el estrés tardío acelera la madurez.

2.11.13. Calidad nutritiva del forraje de sorgo.

Las pasturas y otros tipos de forrajes presentan una gran variación en calidad en sus distintas etapas de crecimiento y en las diferentes fracciones de la planta, estas diferencias se deben además a la variabilidad en las condiciones ambientales (suelo, clima), al material genético, al manejo (riego, fertilización) y, en el caso de los forrajes conservados, se adiciona el sistema de conservación y el tipo de almacenamiento.

De acuerdo a (Perez, 1978) el bovino forma parte del grupo de animales correspondientes a la familia de los rumiantes, los que tienen entre sus características el convertir en productos de elevada calidad nutritivos materiales que no pueden ser aprovechados por el hombre para su alimentación; entre los bovinos, la vaca especializada en producción de leche es muy eficiente en convertir la fibra, el nitrógeno y la energía de su dieta en leche, para lograr una alta eficiencia se requiere de la adecuada aplicación de la diferente alimentación de la vaca a costos que permitan al productor una correcta recuperación del capital invertido.

Para (Escobosa, 2007) la cantidad de alimento a considerar al calcular la ración, así como el contenido de nutrientes se pueden expresar sobre la base de materia seca (MS), secado al aire, o como se le administre al ganado, en el primer caso, se infiere que el alimento se está calculando libre de humedad (100 % de materia seca), en el segundo lugar el alimento se considera con 90 % de materia seca y en el tercer caso el cálculo se hace considerando la composición del alimento en la forma en que éste se presenta al ganado.

La cantidad de alimento a suministrar basándose en materia seca varía en relación con el peso vivo del animal, etapa de producción, clase de alimento entre otros factores, proporcionándose en términos generales 3 %, cuando el alimento es un heno de buena calidad, 2.2 – 2.5 % si se trata de ensilaje de maíz y 1 % para pajas.

(Doggett, 1988) sostiene que la composición química de la planta varía con la edad y con la variedad, pudiéndose observar que el contenido de proteína es alto y generalmente disminuye con la edad de la planta, si bien la fibra aumenta con la edad, las plantas inmaduras muestran niveles bajos junto con un nivel alto de carbohidratos

(Cormick, 1984) menciona que al cortar el sorgo en la etapa suave de la madurez, maximizará la producción por hectárea de energía digerible; sin embargo, si la digestibilidad máxima es más importante que el rendimiento total, como en el caso de vacas lactantes y terneros, entonces la etapa óptima para la cosecha sería la de floración temprana.

En las etapas tempranas de crecimiento, la proteína constituye de 12 a 18 % de la materia seca, pero disminuye entre 5 y 8 % conforme la planta llega a su madurez, la disminución es particularmente pronunciada entre antesis y la etapa lechosa, con la disminución más marcada en las hojas y el tallo (Doggett 1988).

Para (Wall, 1970) el rendimiento máximo de proteína ocurre en la etapa de masa suave, el contenido de fibra disminuye, de alrededor de 35 % en la plántula, hasta un mínimo de 24 % durante la floración y luego aumenta un poco conforme se alcanza la madurez

(Cormick, 1984) mencionan que el ensilaje de forraje de sorgo cortado en el estado lechoso tardío, contiene cerca de 55 a 58 % de nutrientes digeribles totales (NDT); 8 a 9 % de proteína; 0.2 a 0.3 % de Ca y 0.15 a 0.20 % de P. El ensilaje de forraje de sorgo tiene por lo general 80 a 85 % del valor alimenticio del ensilaje de maíz, principalmente porque éste contiene un mayor porcentaje de grano que el sorgo (50 % en comparación con 25 %), el ensilaje de la planta completa de sorgo incluyendo el grano, poseerá valores de energía próximos a los del ensilaje de maíz (69 % NDT) y frecuentemente producirá iguales tasas de crecimiento de la ternera; sin embargo, el ensilaje de sorgo de grano produce mucho menos materia seca por

hectárea que el de sorgo forrajero o de maíz, una mezcla de ensilaje de sorgo forrajero y grano de sorgo, mejora el contenido de energía de la ración y el rendimiento del animal, se puede mejorar la calidad del forraje mediante varias prácticas agronómicas tales como la aplicación de fertilizante, riego, y otras los cultivos mixtos que incluyen leguminosas, también ayudan a aumentar el contenido de proteína en el cultivo de sorgo asociado.

2.11.13.1. Proteína.

(Hulse, 1980) menciona que las proteínas son compuestos orgánicos de polímeros de los aminoácidos y son constituidos de nitrógeno y otros elementos y ligados por enlaces peptídicos, los aminoácidos son los materiales esenciales para la construcción del tejido y los órganos de los animales

Para (Waggle, 1967) el contenido y la composición de la proteína en el endospermo de la semilla y de la planta, están influenciados por el genotipo y el ambiente (principalmente la fertilidad del suelo). El nitrógeno foliarmente aplicado, resulta en mayor contenido de proteína del grano, que el N aplicado al suelo.

En suelos pobres de los trópicos, la fertilización nitrogenada ha conducido a aumentos tanto de rendimiento de grano como de proteína en el grano y planta, la cual ha mostrado un mayor porcentaje de prolina y glutamina y menor porcentaje de lisina y triptófano, altas densidades de plantas pueden causar también contenidos bajos de proteína(Hulse, 1980).

Las proteínas son requeridas para el mantenimiento, crecimiento, reproducción y lactación, este elemento se puede almacenar en los músculos, hígado y en la sangre; pudiendo ser empleado en casos de deficiencias para mantener la producción y lactación por períodos cortos, la concentración y digestibilidad de la proteína en la dieta afecta la disponibilidad de energía, ya que modifica el consumo, digestibilidad y la eficiencia energética.

2.11.13.2. Carbohidratos.

Otra clase de compuestos de gran importancia para la economía de los seres vivos son los glúcidos también denominados carbohidratos o azúcares, su importancia proviene del hecho de que en la naturaleza la cantidad de estos compuestos es mayor que la de todas las demás sustancias orgánicas juntas, la gran abundancia de glúcidos en la naturaleza se debe a que las estructuras de sostén de los vegetales están formadas de polisacáridos (Tinay, 1979).

El glúcido más difundido es la celulosa ($C_6H_{12}O_6$)_n, de función estructural; pero también los almidones ($C_6H_{10}O_5$)_n, están ampliamente distribuidos en los cereales y otras semillas, raíces tubérculos y con función de reserva.

Los carbohidratos pueden dividirse en dos grupos: monosacáridos y polisacáridos; los monosacáridos se dividen en: Diosas, triosas, terrosas, pentosas, hexosas, según que el número de átomos de carbonos presentes en su molécula sea 2, 3, 4, 5 y 6. Los polisacáridos que están constituidos por la unión de 3 o más moléculas de monosacáridos, el carbohidrato principal, en todos los cereales, es el almidón y en el sorgo su contenido es de 32 a 79 % con las variedades dulces mostrando un menor contenido de este polímero.

(Capella, 2003) menciona que ocurren dos procesos bioquímicos en el ensilaje que son los siguientes: La fase aeróbica (con aire) de la fermentación comienza cuando el forraje es recién cosechado y depositado en el silo.

Los microorganismos aeróbicos contenidos en el material (Hongos, bacterias, levaduras) siguen respirando el oxígeno retenido entre las partículas del forraje utilizando también los azúcares de la planta como principal fuente para la respiración, estos carbohidratos se oxidan y se transforman en dióxido de carbono y agua, liberando energía y aumentando la temperatura del forraje por encima de 60° c. Estas temperaturas pueden reducir en gran medida la digestibilidad

de los nutrientes, tales como las proteínas vegetales que se desnaturalizan y se transforman en nutrientes no disponibles para los animales.

Otro cambio químico de importancia que ocurre durante esta fase es la degradación de las proteínas en nitrógeno no proteico, péptidos, aminoácidos y amonio, por la acción de las enzimas de las células vegetales, altos contenidos de nitrógeno no proteico y amonio en ensilajes han estado siempre asociados con bajos consumos, esta fase disminuye la calidad del silo, por lo que lo ideal sería que durara el menor tiempo posible.

La siguiente fase comienza una vez el oxígeno ha sido agotado y reemplazado por el dióxido de carbono, originando un ambiente anaeróbico, es decir sin aire, las bacterias presentes en el forraje se multiplican, principalmente las productoras de ácido acético, que es el primero que se forma, las bacterias formadoras de ácido acético dan paso a las lacto génicas o lactobacilos, aumentándose la cantidad de ácido láctico convirtiéndose en el producto dominante, que estabiliza el material como ensilaje en un término de 21 días, hasta inhibir el crecimiento de todas las bacterias, esto se consigue con un buen proceso de compactación.

Existen varios factores que interactúan entre si y determinan la calidad final del alimento ensilado, entre esos factores se encuentran los siguientes: Estado de madurez y contenido de humedad de la planta al momento del picado, estado de madurez óptimo facilita la eliminación del oxígeno durante el proceso de llenado y compactado y asegura un elevado contenido de azúcares disponibles para las bacterias y un máximo valor nutricional para el ganado.

2.11.13.3. Mineralesocenizas.

Según (Zumbambo, 2005) la nutrición mineral representa un aspecto muy importante dentro de la nutrición general en ganado lechero, los minerales son nutrimentos que participan en

la mayoría de procesos enzimáticos y metabólicos en el animal y consecuentemente tienen muchas funciones las cuales son claves todas para un buen desempeño.

Los minerales se clasifican en macro minerales, que se definen como los minerales que el animal requiere en mayor cantidad y también se encuentran en mayor proporción en los forrajes e ingredientes (Calcio, Fósforo, Magnesio, Azufre, Potasio, Cloro y sodio) y los micro minerales o elementos menores o trazas que son los que tanto se requieren como se encuentran en menor cantidad en los ingredientes (Zinc, Cobre, Manganeso, Cobalto, Hierro, Selenio, Yodo, Cromo).

(Escobosa, 2007)menciona que los forrajes son una fuente medianamente adecuada para elementos mayores tanto por la cantidad como por la biodisponibilidad, sin embargo es una mala fuente de elementos menores no tanto por cantidad presente, sino por biodisponibilidad, el contenido mineral de los granos y forrajes varía enormemente, siendo estos últimos los que presentan mayor variación, estas diferencias se deben a la genética de la planta, suelo y pH, clima y temperatura, estado de madurez de la planta y a la parte de la planta.

2.11.14. TiposdeRiego.

2.11.14.1. Riegoporaspersión.

(Castañón, 2000)menciona que el riego por aspersión consiste en aplicar el agua al suelo simulando una lluvia, este efecto es conseguido gracias a la presión en que fluye el agua dentro de un sistema de tuberías y es expulsada al exterior a través de las boquillas de un aspersor, normalmente, la presión requerida se obtiene a partir de bombas hidráulicas las cuales aspiran el agua desde un canal, río o pozo, sin embargo, el sistema también puede operar sin bombas cuando la fuente de agua se encuentra en una posición más elevada que el terreno a regar.

El objetivo del riego por aspersión es proporcionar el agua que requieren los cultivos mediante una precipitación artificial de intensidad controlada que permita, en general, un proceso de infiltración en condiciones de sub saturación.

El agua recorre un sistema de tuberías hasta llegar al emisor, que la lanza a la atmósfera, en el tramo de tubería, la corriente de agua solamente está condicionada por consideraciones hidrodinámicas, pero durante el recorrido por la atmósfera se pierde bastante el control sobre la misma, los efectos climáticos son de importancia crucial para el proyecto y manejo de este sistema de riego.

Las ventajas del riego por aspersión se derivan fundamentalmente de dos aspectos fundamentales:

El control del riego sólo: El cual está limitado por las condiciones atmosféricas (pérdidas por evaporación o arrastre y efecto del viento sobre la uniformidad del reparto).

La uniformidad de aplicación: La cual es independiente de las características hidrofísicas del suelo.

(Bartolini, 1990) menciona que frente a los sistemas de reciente introducción, es el sistema que más se aproxima a la lluvia natural y por eso es más fisiológico para la planta el agua se distribuye en toda la superficie, con una uniformidad bastante mayor que la que se obtiene con los sistemas precedentes, lentamente y con la posibilidad de regular la intensidad de lluvia en función de la velocidad de infiltración del suelo, el agua se difunde gradualmente a lo largo del perfil vertical del suelo, sin causar escorrentía ni encharcamiento, al mismo tiempo la planta no se resaca del shock térmico puesto que queda envuelta en una atmósfera saturada de humedad que hace descender la temperatura del aire.

(Bockmar, 1990) reporta que actualmente el 15% del total de la tierra arable del mundo es de regadío, pero esta produce el 33% del total del rendimiento de la cosecha. El riego aumenta y asegura las cosechas y puede permitir del cultivo de dos o tres cosechas al año, en lugar de una o dos.

(Scharrer, 1960) menciona que de la composición de la planta se deduce que el agua es con mucha diferencia el componente principal de la planta viva de acuerdo con ello también sus funciones en la planta son de la mayor importancia. Sirve como disolvente de las sustancias nutritivas, como agua de imbibición para los coloides de la célula y como agente químico en variadas transformaciones metabólicas, especialmente en la síntesis, la planta absorbe el agua del suelo por los pelos radicales en virtud de la fuerza osmótica.

2.11.14.2. Riego por surcos.

El riego por surcos tiene la particularidad de que el agua empleada se desplaza por los cultivos a través de gravitación, es decir, el agua recorre la pendiente y en consecuencia, no es necesaria la utilización de otro tipo de energía para que se movilizce.

Según (Israelsen, 2011) es importante tener en cuenta que la calidad del riego estará sujeta a la sistematización del área en cuestión, esta debe ser diseñada apropiada y convenientemente, además cabe mencionar que las superficies colinares no son adecuadas debido al gran desnivel del terreno, en esta clase de riego, las hojas y demás partes externas de la planta no están en contacto con el agua.

(Luque, 2006) menciona que el riego por surcos el agua se mueve por gravitación, es decir el agua se desliza siguiendo la pendiente y no requiere de energía extra para darle movimiento, la calidad del riego depende en un principio de la sistematización del terreno y por eso es muy

importante realizar un buen relevamiento planialtimétrico del lote a regar y un correcto diseño de los surcos especialmente en orientación y en longitud.

2.11.14.2.1. Características del riego por surcos.

La profundidad radicular se moja mediante la infiltración del agua a través del perímetro del surco, el agua cubre parcialmente el terreno entre surco y surco, el perfil se humedece en profundidad y lateralmente, la forma y dimensiones del surco dependen de la textura del suelo, tiempo de aplicación del agua.

El riego por surcos se aplica principalmente para cultivos en línea, estando el cultivo sembrado o plantado en los caballones, entre los surcos, la distancia entre surcos depende de la capacidad de infiltración lateral del agua en el suelo, pero se fija sobre todo por el ancho de trabajo de la sembradora y cosechadora, siendo más común la distancia de 75 cm.

2.11.14.3. Riego por goteo.

El riego por goteo es una técnica puesta en práctica en aquellas zonas de aridez, debido a que promueve la utilización eficaz de abonos y agua.

El riego por goteo consiste en la aplicación de agua a las plantaciones través de la infiltración de la misma en sus raíces, este procedimiento se logra a partir de un sistema de conductos y goteros, suele aumentar la producción y lograr un ahorro de agua.

Para (Medina, 2012) es un medio artificial de aplicar el agua a la zona radicular de los cultivos, en condiciones de utilización más favorables para la planta, mantiene el agua en la zona radicular, aplicándola gota a gota, por medio de cañerías el agua se lleva a la planta, que se distribuye por goteros o emisores.

2.11.14.3.1. Características del riego por goteo.

Mejora tecnológica que contribuye a una mayor eficiencia, el agua se mueve en dirección vertical y horizontal, formando el bulbo de humedad, se tiene un nivel óptimo de humedad, con baja tensión de retención por el suelo y con la humedad siempre cercana a la capacidad de campo.

2.11.14.3.2. Ventajas.

Ahorro de agua, posibilidad de regar todo tipo de terrenos, no altera la estructura del terreno.

2.11.14.3.3. Desventajas.

Alto costo de instalación, no protege contra heladas, debe estar bien proyectado ya que una deficiencia puede tener graves consecuencias, obstrucción de goteros, mayor calificación a los usuarios.

Humedecen una gran superficie y es especialmente empleado en suelo arenoso, también puede utilizarse en el riego de árboles, las presiones de trabajo son menores que las de los goteros; esto hace necesario el empleo de reguladores de presión especiales o micro limitadores.

2.11.14.4. Riego por Grave dado Inundación.

El método más sencillo de riego es la inundación y normalmente no requiere el uso de bombas, el tipo más común de inundación es el riego con surcos, donde el agua se dirige o bombea hacia una serie de surcos que se inundan.

Esta tecnología requiere cierta inclinación del terreno, para que el agua pueda fluir fácilmente de un extremo a otro del surco, sin desbordarse por los lados, la misma cantidad de agua debe llegar a cada zona de los surcos.

El riego por inundación requiere una gran cantidad de agua y su eficacia no es muy alta ya que la mayoría del agua no se puede extraer directamente en las raíces de las plantas.

Por lo tanto según (Israelsen, 2011) se suele utilizar en zonas en que se dispone de gran cantidad de agua, además, la zona a inundar debe ser llana, si no es el caso, la zona se allana formando terrazas, algo que podemos ver en diversas zonas del mundo, la inundación se suele utilizar en las zonas tropicales.

Para lograr una buena producción de sorgo forrajero, es necesario realizar el riego de siembra o establecimiento y posteriormente aplicar dos riegos de auxilio; el primer riego de auxilio entre los 25 a 30 después del riego de siembra y el segundo entre los 20 y 25 días después del primer riego de auxilio con una lámina de agua de 10 a 12 centímetros en cada riego, con estos riegos se podrá obtener el primer corte de forraje a los 60 o 70 días después del riego de siembra.

2.12. Estudios realizados.

2.12. 1

“Comparación del rendimiento de biomasa y calidad nutricional entre tres variedades de sorgo de doble propósito (CENTAS-2, CENTAS-3 y rcv), bajo condiciones de riego por aspersión”.

Avilés Lara y Guevara Berrios en el (2007), en su estudio comparación del rendimiento de biomasa y calidad nutricional en tres variedades de sorgo de doble propósito (Centa s-2, Centa s-3 y rcv), bajo condiciones de riego por aspersión”.

El experimento se realizó en el cultivo de sorgo de las variedades de doble propósito CENTA S-2, CENTA S-3 y RCV respectivamente. El área total del ensayo fue de 1,000 m² (0,10 ha) (40 m. de largo por 25 m. de ancho). Esta área se dividió en bloques y parcelas, 6 para

los primeros y 3 para las parcelas, en total fueron 18 parcelas o áreas experimentales las cuales fueron distribuidas al azar con los respectivos tratamientos cada una.

La variable diámetro del tallo fue tomada 6 veces en toda la etapa vegetativa de las variedades CENTA S-2 y CENTA S-3, exceptuando la variedad RCV que solo se tomaron 5 mediciones durante su etapa vegetativa.

Las mediciones se iniciaron cuando el cultivo tenía 15 días después de sembrado y así sucesivamente cada 15 días se tomaron los demás datos (30 días segunda medición, 45 días tercera medición etc.). Esta variable se tomó haciendo uso de un pie de rey graduado en centímetros con el cual se midieron 10 plantas al azar dentro del área útil de las 18 parcelas en estudio, tomando la medida de la parte media del tallo de la planta. Los diámetros obtenidos se sumaron y se dividieron entre el número de plantas medidas para sacar el dato promedio por parcelas o tratamientos.

En la variable grosor del tallo de cada una de las variedades en estudio, dentro del área útil de las parcelas. Se realizaron 6 mediciones para las variedades CENTA S-2 y CENTA S-3 (15, 30, 45, 60, 75 y 90 días posteriores a la siembra), no así para la variedad RCV que solo se realizaron 5 mediciones (15, 30, 45, 60 y 75 días post-siembra). En la toma de datos se midieron 10 plantas dentro del área útil de las 18 parcelas de las cuales se obtuvo un dato promedio por tratamiento.

La investigación se llevó a cabo en un periodo de 22.6 semanas, comprendidas desde el 3 de febrero hasta el 11 de julio del año 2006. Estas comprendieron desde la obtención de las muestras de suelo para el previo análisis, preparación del terreno, siembra y el seguimiento de las etapas fenológicas del cultivo, con su respectivo manejo agronómico hasta la cosecha, pesado y

picado de cada una de las variedades de sorgo que se evaluaron. Los tratamientos utilizados son los siguientes T: Sorgo RCV, T2: Sorgo CENTA S-3 y T3: Sorgo CENTA S-2.

El diseño que se utilizó fue de bloques completamente al azar con 3 tratamientos y seis repeticiones, utilizando el programa estadístico SAS para los análisis estadísticos, el área de la parcela experimental donde se instaló el ensayo fue de 544 m² (0,0544 ha.), dejando 2 m. entre bloque y 2 m entre tratamiento; el área de cada tratamiento fue de 16 m² (4 m. de largo por 4m de ancho) y el área de la parcela útil fue de 4 m² (2 m de largo por 2 m de ancho). Los distanciamientos de siembra fueron de 0,70 m. entre surco y 8,3 cm. entre plantas, cada parcela tuvo capacidad para 288 plantas promedio y el área útil alojaba alrededor de 192 plantas.

Avilés Lara y Guevara Berrios después de realizar los análisis de varianza correspondientes a los tratamientos estos demostraron diferencias estadísticas altamente significativas para la primera, tercera, cuarta, quinta y sexta mediciones, pero la medición que se realizó a los 30 días no mostro diferencias estadísticas significativas.

Los resultados de la prueba de Tukey, en la primera medición de diámetro, correspondientes a los primeros 15 días post-siembra demostraron que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, donde el T1 y T3 fueron similares, pero superiores ambos que, T2.

El análisis de varianza correspondiente a la segunda medición 30 días post-siembra de diámetro de tallo (cm) demostró que no existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, solo diferencias aritméticas, por lo cual no es necesario realizar ninguna prueba estadística.

En la prueba de Tukey realizada a la tercera medición de diámetro de tallo, demostró diferencias estadísticas entre los tratamientos en donde T3 fue superior que T1 y T2 pero estos últimos se comportaron similares.

La prueba de Tukey que se realizó al diámetro de tallo (cm) en la cuarta medición (60 días), demostró que si existieron diferencias estadísticas en donde el superior fue el T3, seguido de T1 y T2 los cuales se comportaron estadísticamente similares.

Con la prueba de Tukey que se realizó a la quinta medición de diámetro de tallo (cm), este mostro diferencias estadísticas entre los tratamientos siendo superior el T3 seguido de T1 y T2.

En la sexta medición de diámetro de tallo (90 días) los datos obtenidos presentaron un comportamiento similar en la prueba de Tukey para los tratamientos T1 y T2 con una probabilidad de ($P < 0.01$) no así el T3 que no llego a esa fecha de medición ya fue cosechado antes de los 90 días.

En resumen el diámetro de tallo por tratamiento de las 6 mediciones realizadas (15, 30, 45, 60, 75 y 90 días) reflejo diferencias estadísticas significativas y no significativas para la segunda medición de diámetro de tallo. Estos resultados presentan a la variedad CENTA S-3, con los valores más bajos, durante toda la investigación, es decir, esta fue la variedad de sorgo que presento menor diámetro de tallo durante todas las mediciones. Observándose en la primera medición (15 días), predominancia de la variedad CENTA S-2 y RCV que se comportaron similares y superiores que CENTA S-3.

Para la segunda medición que corresponde a los 30 días, los tratamientos no mostraron diferencias estadísticas. Solo se observaron diferencias aritméticas mínimas, siendo el mejor de acuerdo a esto, a la variedad CENTA S-2, seguido de RCV y CENTA S-3.

Para la tercera y cuarta medición de diámetro de tallo, a los 45 y 60 días después de la siembra, respectivamente, los resultados muestran al RCV como el tratamiento que mostro el mejor promedio, seguidos de CENTA S-2 y CENTA S-3, los cuales se comportaron similares durante los dos periodos de medición y es en la etapa de 45 días post-siembra de crecimiento de las plantas, donde se observan los valores máximos de diámetro de tallo.

En la quinta medición de diámetro de tallo (75 días), los resultados presentan siempre al tratamiento T3: RCV como el que mayor diámetro obtuvo, esto principalmente por ser una de las cualidades que caracterizan a esta variedad de sorgo que es de porte bajo y con un gran vigor de su tallo y hojas, seguido de T1: CENTA S-2 y T2: CENTA S-3.

Para la sexta medición (90 días) donde la variedad RCV, no participo debido a que su etapa óptima para ser cosechado ya había culminado solo se evaluaron el CENTA S-2 y CENTA S-3, mostrando los resultados que ambos tratamientos se comportaron similares estadísticamente en cuanto al diámetro de tallo.

2.12.2 “Evaluación del contenido nutricional en el follaje Verdedesorgo (sorgumbicolor), variedad R.C.V cosechado a diferentes edades, con el propósito de obtener ensilaje.

Chávez Batres y Martínez Vanegas en el (2008) en su estudio “Evaluación del contenido nutricional en el follaje Verde de sorgo (sorgumbicolor), variedad R.C.V cosechado a diferentes edades, con el propósito de obtener ensilaje.

El experimento se realizó en el cultivo de sorgo de la variedad de doble propósito RCV. El área total del ensayo fue de 324 m² (0,0324 ha) (18 m. de largo por 18 m. de ancho). Esta área se dividió en bloques y parcelas, en total fueron 16 parcelas o áreas experimentales las cuales se distribuyeron al azar con los respectivos tratamientos cada una.

Para recolectar la biomasa, se extrajo del área experimental cada una de las parcelas según el tratamiento a que correspondía según la edad a corte de cada tratamiento. La muestra se tomó del área útil que albergo un promedio de 120 plantas (3 m²).

La cosecha se realizó cortando las plantas con cumas y machetes haciendo manojos de forraje amarrados de cada tratamiento y colocando las panojas en sacos blancos debidamente identificados, para luego ser picado. Luego con la ayuda de una balanza de gancho alemana graduada en kilogramos, se procederá al pesado de las 16 observaciones, según la edad en estudio y poder determinar de esta manera.

La investigación se llevó a cabo en un período de 15 semanas, comprendidas desde la cuarta semana de enero hasta la segunda de mayo del año 2008. Estas estuvieron comprendidas desde la obtención de las muestras de suelo para el previo análisis, preparación del terreno, siembra y el seguimiento de las etapas fenológicas del cultivo con su respectivo manejo agronómico hasta la cosecha, pesado y picado de cada uno de los tratamientos que se evaluaron. Los tratamientos evaluados fueron: T1: Sorgo cosechado a los 60 días, T2: Sorgo cosechado a los 75 días, T3: Sorgo cosechado a los 90 días con grano y T4: Sorgo cosechado a los 90 días sin grano.

El diseño que se utilizó fue bloques completamente al azar con 4 tratamientos y cuatro repeticiones, el área de la parcela experimental donde se instaló el ensayo fue de 324 m² (0,0324 ha.), dejando 2 m. entre bloque y 2 m entre tratamiento, el área de cada tratamiento es de 9 m² (3m. de largo por 3m de ancho) y el área de la parcela útil fue de 1 m² (1m de largo por 1m de ancho). Los distanciamientos de siembra son de 0,70 m. entre surco y 10 cm. entre plantas, cada parcela tuvo la capacidad para 120 plantas promedio y el área útil alojó alrededor de 20 plantas.

Chávez Batres y Martínez Vanegas después de realizar el análisis de varianza, el cual presento diferencia altamente significativa entre tratamientos, se procedió a realizar la prueba de Tukey para determinar cuál de los tratamientos fue mejor en cuanto a rendimiento de biomasa.

Presentándose como mejor tratamiento el T3 (64.69 Ton/ha) sorgo cosechado a los 90 días con grano, el segundo lugar fue para T2 (52.91 Ton/ha) sorgo cosechado a los 75 días, seguido de T4 (42.19 Ton/ha) sorgo cosechado a los 90 días sin grano y el T1 (42.05 Ton/ha), sorgo cosechado a los 60 días siendo los dos últimos similares estadísticamente.

La información proporcionada por las pruebas estadísticas realizadas al rendimiento de biomasa en (Ton/ha), nos demostraron que si existieron diferencias estadísticas altamente significativas con una seguridad del 99 % de probabilidades, por lo consiguiente el tratamiento que mayor rendimiento de biomasa presento fue el T3= 58,809.0909 kg/ha (64.690 ton/ha), seguido del T2= 48,100.00 kg/ha (52.910 ton/ha) , T4= 38,354.5454 kg/ha (42.190 ton/ha) y T1= 38,227.2727 kg/ha (42.050 ton/ha) de los cuales, estos dos últimos se comportaron similares estadísticamente entre sí.

2.12.3 Producción de semilla de sorgum alimum utilizando fertilización nitrofosfatada.

Zaira Hiliana en el año (2008) en su estudio producción de semilla de sorgum alimum utilizando fertilización nitrofosfatada.

En el presente trabajo de investigación se utilizó semilla de sorgo alimum proveniente de los Estados Unidos de Norteamérica. Se sembró en el ciclo de Abril a septiembre de 2007 en el ejido Derramadero Saltillo, Coahuila.

El sorgo negro (sorgo alimum) especie perenne robusta, con tallos de hasta 4.5m de altura y hojas cerosas anchas. Es una planta de cultivo de ciclo corto, de crecimiento rápido y alto

rendimiento. Resiste a la sequía mejor que el maíz, muy apetitosa y de elevado valor nutritivo cuando está tierna, y escaso cuando está madura.

La siembra se realizó el 14 de abril de 2007 en el rancho “El Padrino” perteneciente al municipio de General Cepeda, Coah.

El método que se utilizó es manual y a chorrillo en una superficie de 294m², se sembraron cuatro surcos de 2.5m de largo y 0.80m entre surco y surco, (con siete tratamientos y cuatro repeticiones) dichos tratamientos se muestran en el Cuadro 3.1. Cabe mencionar que antes de la aplicación de los tratamientos se realizó un aclareo de plantas para que no hubiera competencia.

Como fuente de Nitrógeno se utilizó Urea y como fuente de Fosforo se utilizó superfosfato triple de calcio (17-17-17) los cuales se aplicaron 1 mes después de la siembra cuando la planta tenía aproximadamente de 12 a 15 cm.de altura. Cabe mencionar que aplicación se hizo únicamente una vez en la Fase I del trabajo de investigación.

Los tratamientos utilizados fueron los siguientes: T1: 00-00-00, T2: 20-40-00, T3: 40-40-00, T4: 60-40-00, T5: 80-40-00, T6: 100-40-00, T7: 120-40-00. Los datos obtenidos de las evaluaciones se analizaron con el programa estadístico SAS 6.12 mediante un diseño estadístico de bloques completos al azar con tres repeticiones.

En las variables longitud de planta, longitud de hoja bandera y longitud de panoja no se presentaron diferencias estadísticas pero cabe mencionar que si se observan claras diferencias numéricas entre los tratamientos.

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Generalidades de la investigación.

3.1.1. Localización geográfica.

El experimento se realizó en la unidad de Investigación Agropecuaria (UNIAGRO) de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, de El Salvador, ubicada en el cantón el jute, jurisdicción y departamento de San Miguel, a la altura del kilómetro 144 ½ de la carretera de la ciudad de San Miguel que conduce a la ciudad de Usulután, en la parcela número 6 conocida como el Carreto, las coordenadas geográficas del lugar son de 13° 26.3´ latitud norte 88° 09.5´ longitud oeste, figura A-1.

3.1.2. Características del lugar.

3.1.2.1. Características climáticas de llugar.

Las condiciones meteorológicas que caracterizan al lugar donde se llevó a cabo el experimento desde junio-septiembre del 2016 son: Temperatura promedio de 28.7° C, temperatura máxima promedio de 34.00° C, temperatura mínima promedio 23.4° C, Humedad Relativa 72.2 %, Precipitación de 792.7mm, Altura de 117 m.s.n.m. y los vientos que prevalecen en la zona son: Mañana de Norte a Noreste, tarde de Sur a Sureste (fuente: SNET/CIAGRO).

3.1.2.2. Características edáficas del campo experimental.

Drenaje y humedad: Los campos no son demasiados húmedos en la época lluviosa, con buen drenaje, permanecen secos en la estación no lluviosa.

Tipo de suelo: Latosoles arcilloso rojizos, muy pesados, profundos y bien desarrollados.

Los horizontes superficiales:Hasta los 25 cm de profundidad, son de textura franco arcilloso y de color pardo oscuro, de los 25 a 100 cm es arcilla con estructura de bloque y de color café rojizo.

Las capas inferiores: Las constituyen cenizas y pómez volcánicas ácidas estratificadas con texturas que varían de franco arcilloso a franco arenoso, de color pardo amarillento. Estos suelos pertenecen a la clase II y son apropiados para la mayoría de cultivos anuales como el maíz, frijol, ajonjolí, sorgo y caña de azúcar, poseen buena capacidad de retención de agua y son moderadamente permeables, con alta capacidad de producción mediante el uso racional de fertilizante y métodos adecuados de laboreo.

3.1.3. Factores biológicos.

3.1.3.1. Flora.

La vegetación natural existente en la zona donde se realizó el estudio se detalla por especies de la siguiente manera:

3.1.3.1.1. Vegetación arbórea.

Tigüilote (*Cordia dentata*), mango (*Mangifera indica*) mangollano (*Pithecellobium dulce*), conacaste blanco (*Albizia caribaea*), maquilihuat (*Tabebuia rosea*).

3.1.3.1.2.

Dentro de la fauna se **Vegetación herbácea.**

Zacate agua (*Ischaemum setosum*), zacate callie (*Cynodon dactylon*), maíz (*Zea mays*), mozote (*Cenchrus brownii*), Flor amarilla, collolio.

3.1.3.2. Fauna.

observaron pájaros ala roja (*Claravis godfrida*), pijullos (*Crotophaga sulcirostris*), zanates, ala blanca.

3.1.4. Periodo de ejecución.

El ensayo fue realizado en la época lluviosa durante un periodo de 96 días, comprendidos desde el 10 de junio hasta el 10 de septiembre del año 2016. Estas comprendieron desde la

preparación del terreno, siembra y el seguimiento de las etapas fenológicas del cultivo, con su respectivo manejo agronómico hasta la cosecha, pesado y picado de cada uno de los tratamientos que se evaluaron.

3.1.5. Metodología de campo.

3.1.5.1. Reconocimiento y delimitación del área experimental.

Antes de iniciar con la fase experimental del estudio se realizó un recorrido o reconocimiento por el terreno, esto con el objetivo de verificar las características fisiográficas, fuentes de agua, tipo de vegetación y uso actual del terreno.

La delimitación del terreno se enfocó en delinear el área que fue utilizada para llevar a cabo las labores de recolección muestra de suelo, preparación de suelo, lo cual se hizo mediante el uso de una cinta métrica, pitas, estacas y almárganas artesanales.

3.1.5.1.1. Preparación del terreno.

Para la preparación del terreno se contó con la ayuda de maquinaria agrícola, para luego esperar la llegada del invierno para obtener aguas lluvias con el objetivo de mantener aproximadamente un 30% de humedad en el suelo para seguir con la labor de arado que se realizó a una profundidad de 45 cm.

Además esperamos las lluvias para mantener un cierto grado de humedad que permitiera que los terrones dejados por la aradura se desmenuzaran fácilmente con el rastreo; de los cuales realizamos 2 pasos de rastra.

El surqueado se realizó de manera mecanizada, con un distanciamiento de 0,70 m entre surco orientada de este a oeste, con esta labor se delimito las áreas de bloques, áreas de calle y áreas de parcela por tratamiento.

3.1.5.2. Fase experimental.

Esta fase dio inicio la tercera semana de mayo, efectuando primera limpieza del lugar, eliminación de sombra que afectaban el área experimental y después la siembra de las parcelas, a medida se desarrolló el cultivo se efectuaron sus respectivas labores culturales como limpiezas manuales, aporcos, control de plagas, fertilizaciones primera, segunda, tercera fertilización y cosecha de biomasa para cada tratamiento con similares edades de cosecha (etapa masoso-lechoso).

3.1.5.2.1. Labores culturales.

3.1.5.2.1.1. Siembra.

El ensayo fue realizado en la época lluviosa durante un periodo de 96 días, comprendidos desde la segunda semana de junio hasta la segunda semana de septiembre del año 2016, el diseño utilizado fue el de bloques completamente al azar y la prueba estadística de Duncan.

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron 24 parcelas divididas en 6 bloques dichos bloques estaban formados por 4 tratamientos cada uno de estos ordenados completamente al azar, cada parcela con una dimensión de 14 mt² (0.0014 ha) y un área útil de 2.8 mt² (0.0028 ha).

Los tratamientos estuvieron comprendidos en cuatro densidades de siembra (T1: Siembra a chorro seguido; T2: Siembra a 10 cm entre planta; T3: Siembra a 15 cm entre planta y T4: Siembra a 20 cm entre planta), manejados agronómicamente de igual manera.

La siembra de sorgo se realizó en la segunda semana de junio, esta labor se efectuó de manera manual y bajo diferentes modalidades de siembra T1: Siembra a chorro seguido depositando 50 semillas aproximadamente por metro lineal de las cuales se redujeron a 25 plantas mediante la labor del raleo, para los tratamientos que representan la modalidad de

siembra por postura: T2: Siembra a 10 cm entre planta; T3: Siembra a 15 cm entre planta y T4: Siembra a 20 cm entre planta, utilizamos una cantidad aproximada de 10 semillas por postura con el objetivo de evitar pérdidas de plantas por humedad, plagas del suelo, luego realizamos la práctica de raleo dejando así una postura de 5 plantas las cuales utilizamos para la toma de muestras de la investigación.

3.1.5.2.1.2. Primera aplicación de fertilizante químico.

La primera aplicación de fertilizante se realizó 15 días después de la siembra, depositando el fertilizante en el surco en la modalidad a chorro seguido no así a los tratamientos a postura que se le aplicó su respectiva fertilización a cada postura, el fertilizante utilizado fue fórmula 16-20-0, (6.25 lb/tratamiento) dicho fertilizante se utilizó bajo recomendaciones del docente asesor.

3.1.5.2.1.3. Segunda aplicación de fertilizante.

Se realizó 30 días después de la primera con el aporco, la cual se efectuó a chorro seguido para la modalidad de siembra a chorro seguido, no así para la modalidad por postura a esta se le aplicó una determinada cantidad de fertilizante mezclado (12.50 lb sulfato de amonio y 12.50 lb fórmula 16-20-0) a cada postura es importante tomar en cuenta que cada tratamiento fue fertilizado con la misma cantidad de fertilizante (6.25 lb/tratamiento).

3.1.5.2.1.4. Tercera aplicación de fertilizante.

La tercera aplicación se llevó a cabo cuando las plantas se encontraban en la etapa de buche que es cuando se aproxima a la floración con el objeto de suplir la gran necesidad de nutrientes en los 10 días previos a la floración, periodo en el cual el cultivo toma aproximadamente el 70% de los nutrientes requeridos para un óptimo desarrollo y se aplicó la

misma mezcla entre sulfato de amonio y formula 16-20-00 y aplicando también similar cantidad que la segunda fertilización (6.25 lb/tratamiento).

3.1.5.2.1.5. Control de malezas.

Al inicio del estudio no hubo necesidad de efectuar control de malezas debido a que se inició en época seca, posteriormente al desarrollo del cultivo se efectuaron limpiezas manuales cada 15 días, haciendo uso de cumas, azadones con el fin de evitar competencia entre malezas y cultivo, así como evitar el reservorio de plagas y enfermedades en el cultivo en estudio.

3.1.5.2.1.6. Aporco.

El aporco se realizó cuando las plantas del cultivo llegaron a un tamaño de 45 cm. aproximadamente (30 días) después de la siembra, esta labor se realizó con el uso de azadones, palas y piochas, incorporando la tierra alrededor de la planta con el objeto de evitar que las raíces queden expuestas a la superficie y que obtuvieran cierto grado de anclaje al suelo, además para que no ocurran pérdidas de los fertilizantes por el lavado y la volatilización; obteniendo así un mayor aprovechamiento.

3.1.5.2.1.7. Control de plagas y enfermedades.

Para el control de plagas se hizo uso de insecticidas químicos, las aplicaciones se iniciaron con el tratamiento de la semilla con Marshall, para lograr controlar las plagas que se presentan en el suelo.

Posteriormente se realizaron 2 aplicaciones de Larvin con el objeto de controlar al gusano cortador *Spodoptera spp*, gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), y los afidos (*Aphis spp*), la dosis aplicada fue de 1 copa Lacnate (25 cc) y 1 copa de Larvin por bomba de mochila de 16 litros.

Además otra plaga que causo daños considerables en la panoja fueron los pájaros para tratar de ahuyentarlos se utilizó cinta de casete y espanta pájaros para proteger la panoja por ser un tratamiento evaluado con grano, en cuanto al control de enfermedades no fue necesario realizar ningún tipo de aplicación ya que no se presentaron daños considerables ocasionados por enfermedades.

3.1.6. Metodología estadística.

El experimento se realizó con el cultivo de sorgo de la variedad de doble propósito CENTA S-3 bmr. El área total del ensayo fue de 493 m² (0,049 ha) (29 mt de largo por 17 mt de ancho), esta área se dividió en 6 bloques de 4 parcelas en cada uno, en total fueron 24 parcelas o áreas experimentales las cuales se distribuyeron al azar con los respectivos tratamientos.

3.1.6.1. Diseño estadístico.

El diseño que se utilizó fue de bloques completamente al azar con 4 tratamientos y seis repeticiones, en área de la parcela experimental donde se instaló el ensayo fue de 493 m² (0.049b ha) dejando 2 metros entre bloque y 2 metros entre tratamiento, el área de cada tratamiento fue de 14 m² (4 metros de largo por 3.5 metros de ancho) y el área de la parcela útil fue de 2.8 m² (2 metros por 1.40 metros de ancho).

Los distanciamientos de siembra fueron de 0.75 metros entre surcos y 4 centímetros entre planta la siembra a chorro seguido y a 10 cm, 15 cm y 20 cm entre planta respectivamente para los tratamientos de la siembra por postura, cada parcela tuvo diferentes cantidades de plantas a e sección de las parcelas que representaban la siembra a chorro seguido y la siembra de 20 cm entre planta, su capacidad fue de 400 plantas promedio y en su área útil la cantidad de 100 plantas, la siembra a 10 cm entre planta presento una cantidad de 800 plantas en su parcela y 200

plantas en su área útil, para la siembra a 15 cm entre planta el número de plantas en las parcelas fue de 534 promedio y en su área útil de 140b plantas.

3.1.6.2. Modelo estadístico.

$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$ donde:

Y_{ij} = Igual observaciones individuales.

μ = Media global.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

B_j = Efecto del j -ésimo bloque.

E_{ij} = Error experimental.

3.1.6.3. Factores dentro de los tratamientos.

En el ensayo se midieron cuatro tratamientos que comprenden las dos modalidades de siembra a chorro seguido y siembra por postura, dichos tratamientos son los siguientes: Siembra a chorro seguido (T1), Siembra a 10 cm por postura (T2), Siembra a 15 cm por postura (T3), Siembra a 20 cm por postura (T4).

Las variables las cuales estuvieron comprendidas en el ensayo son las siguientes: Rendimiento en biomasa, Altura de la planta, Diámetro del tallo, Longitud de la panoja, Peso de la panoja y Análisis económico Relación Beneficio Costo.

3.1.7. Toma de datos.

3.1.7.1. Diámetro de la planta(cm).

Esta variable fue tomada 6 veces en toda la etapa vegetativa del cultivo, las mediciones se hicieron cuando el cultivo tenía 15 días de haber germinado y así sucesivamente las muestras fueron tomadas con intervalos de 15 días durante el desarrollo fisiológico del cultivo (15, 30, 45, 60, 75, 86 días).

Esta variable se tomó haciendo uso de un pie de rey graduado en centímetros con el cual se midieron 20 plantas al azar dentro del área útil de las 24 parcelas en estudio, tomando la medida de la parte media del tallo de la planta, los diámetros obtenidos se sumaron y se dividieron entre el número de plantas medidas para sacar el dato promedio por parcelas o tratamientos.

3.1.7.2. Altura de la planta(mt).

Al igual que el diámetro esta variable se tomó 6 veces en toda la etapa vegetativa del cultivo, las mediciones se iniciaron cuando el cultivo tenía 15 días de haber germinado y así sucesivamente las muestras fueron tomadas con intervalos de 15 días durante el desarrollo fisiológico.

La medición de la planta fue tomada desde la base del tallo hasta la base del cogollo el número de plantas tomadas para las muestras fueron 20 dentro del área útil tomándolas completamente al azar, para realizar esta medición se utilizó una cinta métrica graduada en tres metros; los resultados obtenidos se sumaron y se dividieron entre el número de plantas medidas para obtener el dato promedio de cada parcela o tratamiento.

3.1.7.3. Rendimiento en biomasa (Ton/ha).

Se extrajo el área experimental de cada uno de los tratamientos de las modalidades de siembra de sorgo en estudio que se encontraban en su estado fisiológico de madurez estado masoso-lechoso, que es el punto óptimo en el cual se debe cosechar para la elaboración de ensilaje.

El número de plantas tomadas para las muestras fueron 20 dentro del área útil donde la siembra a chorro seguido (T1) y la siembra por postura a 20 cm entre postura (T4) albergaban una cantidad de 100 plantas en el área útil (2.8 mt²), no obstante la siembra a 10 cm entre

postura (T2), que albergaba 200 plantas en su área útil (2.8 mt²), la siembra a 15 cm entre postura (T3) albergaban 140 plantas en su área útil (2.8 mt²).

La cosecha se realizó cortando las plantas a unos 5 cm aproximadamente aras del suelo y despojándola de su panoja con la ayuda de tijeras de podar, cumas, machetes haciendo manojos de forraje amarrados e identificados de cada uno de los tratamientos y colocando las panojas en sacos blancos debidamente identificados para luego ser picado, en seguida con la ayuda de una báscula eléctrica graduada en kilogramos, se procedió al pesado de las 24 parcelas en correspondientes ab los 4 tratamientos y 6 bloques en estudio y poder determinar de esta manera la diferencia existente entre las modalidades de siembra de sorgo en cuanto a rendimiento en biomasa.

3.1.7.4. Peso de la panoja (lb).

Para la determinación del peso de la panoja se procedió al cortado de las panojas de las plantas que se tomaron para la medición del rendimiento de biomasa de cada parcela en estudio, estas fueron pesadas antes de ser picadas y tomadas como muestras de rendimiento en biomasa.

Después de cortar las panojas se procedió a realizar su respectivo peso utilizando una balanza eléctrica expresada en gramos, se pesaron un total de 480 panojas como muestra representativa de todas las 24 parcelas, el número de panojas tomadas para las muestras fueron 20 dentro del área útil tomándolas completamente al azar, los resultados fueron obtenidos de forma individual es decir se pesó cada panoja en cada parcela para lograr tener así datos confiables, luego se procedió a dividir los resultados entre las 120 muestras que representan a cada tratamiento para poder determinar así el tratamiento que muestra mayor diferencia con respecto al peso de la panoja bajo dos diferentes modalidades de siembra, chorro seguido y siembra por postura.

3.1.7.5. Longitud de la panoja (cm).

Para la determinación de la longitud de la panoja se utilizaron las misma panojas utilizadas para obtener los resultados del peso de la panoja y el rendimiento en biomasa es decir 480 panojas, se procedió al cortado de las panojas de las plantas que se tomaron para la medición del rendimiento en biomasa de cada parcela en estudio, estas fueron medidas antes de ser picadas y tomadas como muestras de rendimiento en biomasa.

Después de cortar las panojas se procedió a realizar su respectiva medición de longitud utilizando una regla graduada de 0.50 metros se midieron un total de 480 panojas como muestras representativas de todas las 24 parcelas, el número de panojas tomadas para las muestras fueron 20 dentro del área útil tomándolas completamente al azar, los resultados fueron obtenidos en forma individual es decir se midió la longitud de cada panoja en cada parcela para lograr tener así datos confiables, luego se dividieron los resultados obtenidos entre las 120 muestras que representan a cada tratamiento para poder determinar así al tratamiento que muestra mayor diferencia con respecto a su longitud de la panoja b ajo dos diferentes modalidades de siembra, chorro seguido y siembra por postura.

4. RESULTADOS Y DISCUSION.

4.1. Diámetro de Itallo (cm).

En esta variable se evaluó el grosor del tallo en cada una de las parcelas en estudio, la medición fue iniciada durante el periodo de 15 días post siembra y se extendió hasta los 86 días post siembra, realizándose así en el ciclo del cultivo un total de 6 mediciones durante el ensayo, tomando para las mediciones 20 plantas del área útil 2.80 mt (1.4 mt × 2.0 mt) de las 24 parcelas en estudio, correspondiente a 4 tratamientos y 6 bloques, los resultados promedios obtenidos en cada medición se muestra en el cuadro 1 y figura 1.

Después de realizar el análisis de varianza A-1 correspondiente a los tratamientos en la medición uno (15 días post siembra) se obtuvieron diferencias estadísticas únicamente en el tratamiento cuatro (siembra a 20 cm/postura) sobre el tratamiento dos (siembra a 10 cm/postura) con un promedio de 0.0310 y 0.0283 respectivamente, en cuanto al tratamiento uno (siembra a chorro seguido) y tratamiento tres (siembra a 15 cm/postura) no mostraron diferencia significativa al compararse con el tratamiento cuatro los promedios mostrados por dichos tratamientos son los siguientes 0.0292 y 0.0295 respectivamente, así mismo el tratamiento dos no mostro diferencia estadística alguna al ser comparado con el tratamiento uno y tres, los resultados de dicha medición se presentan en el cuadro A-2 y figura A-2.

En cuanto a la medición dos (30 días post siembra) el tratamiento dos (siembra a 10 cm/postura) después de su respectivo análisis A-3 este presento un promedio estadístico de 0.8433 cm siendo así el tratamiento con el peor promedio comparado con los tratamientos uno (siembra a chorro seguido), tratamiento tres (siembra a 15 cm/postura) y tratamiento cuatro (siembra a 20 cm/postura) con promedios de 0.9466, 0.9383, 0.9891 respectivamente y q estos a su vez no mostraron diferencia estadística significativa alguna al compararlos entre sí, el cuadro A-4 y la figura A-3 muestra los resultados obtenidos.

La medición tres A-5 (45 días post siembra) mostró como resultado al tratamiento cuatro (siembra a 20 cm/postura) con diferencia estadística sobre todos los tratamientos; tratamiento uno (siembra a chorro seguido), tratamiento dos (siembra a 10 cm/postura) y tratamientos tres (siembra a 15 cm/postura) con promedios de 1.4566, 1.3215, 1.1398 y 1.2616 respectivamente, en cuanto al tratamiento uno y tratamiento tres estos no mostraron diferencia alguna estadísticamente al ser comparados entre sí no obstante al ser comparados con el tratamiento dos que si existe diferencia estadísticas de ambos tratamientos sobre el tratamiento dos.

Según Perla, 2006 esto es debido a que en esa etapa de crecimiento la vaina de las hojas presenta un alto contenido de agua lo que hace que el diámetro de tallo aumente significativamente, los resultados se presentan en el cuadro A-6 y figura A-4.

Así también se compararon los promedios obtenidos en la medición cuatro (60 días post siembra) y los resultados obtenidos nos muestran que no existe diferencia estadística de ninguno de los tratamientos, con promedios de: Tratamiento uno (siembra a chorro seguido), tratamiento dos (siembra a 10 cm/postura), tratamiento tres (siembra a 15 cm/postura) y tratamiento cuatro (siembra a 20 cm/postura) con promedios de 1.2700, 1.1650, 1.2959 y 1.4108 respectivamente, así también el análisis de varianza A-7 muestra a todos los tratamientos con promedios estadísticos similares, el cuadro A-8 y figura A-5 muestra los resultados obtenidos.

Los resultados del ANVA en la medición cinco A-9 (75 días post siembra) mostraron al tratamiento dos (siembra a 10 cm/postura) con un promedio de 1.2583 como el peor tratamiento comparado con los tratamientos uno (siembra a chorro seguido), tratamiento tres (siembra a 15 cm/postura) y tratamientos cuatro (siembra a 20 cm/postura) con promedios de 1.3483, 1.3558, 1.4041, respectivamente y esto a su vez no mostraron diferencia estadística significativa entre sí, los promedios se muestran en el cuadro A-10 y figura A-6.

La medición seis q se realizó a los 86 días el ANVA mostro al tratamiento cuatro (siembra 20 cm/postura) con los mejores resultados A-11 con promedios de 1.6488 sobre los tratamientos uno, dos y tres con promedios de 1.5650, 1.5266, 1.5775 respectivamente, los resultados se muestran en el cuadro 2 y figura 2.

Después de realizar el análisis de varianza correspondiente a los tratamientos se observó mediante la prueba de Duncan que existió diferencia estadística solamente en la medición seis A-12 a lo largo del ensayo (86 días post siembra).

Tabla 1. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en las diferentes mediciones post siembra 15, 30, 45, 60, 75, 86 días.

Tra.	Modalidad de siembra	Periodo post siembra					
		15 Días	30 Días	45 Días	60 Días	75 Días	86 Días
T1	S. a chorro seguido	0.0292 ab	0.9466 a	1.3215 b	1.2700 a	1.3483 a	1.5650 ab
T2	S. a 10 cm/postura	0.2833 b	0.8433 b	1.1398 c	1.1650 a	1.2583 b	1.5266 b
T3	S. a 15 cm/postura	0.0295 ab	0.9383 a	1.2616 b	1.2959 a	1.3558 a	1.5775 ab
T4	S. a 20 cm/postura	0.0310 a	0.9891 a	1.4566 a	1.4108 a	1.4041 a	1.6488 a

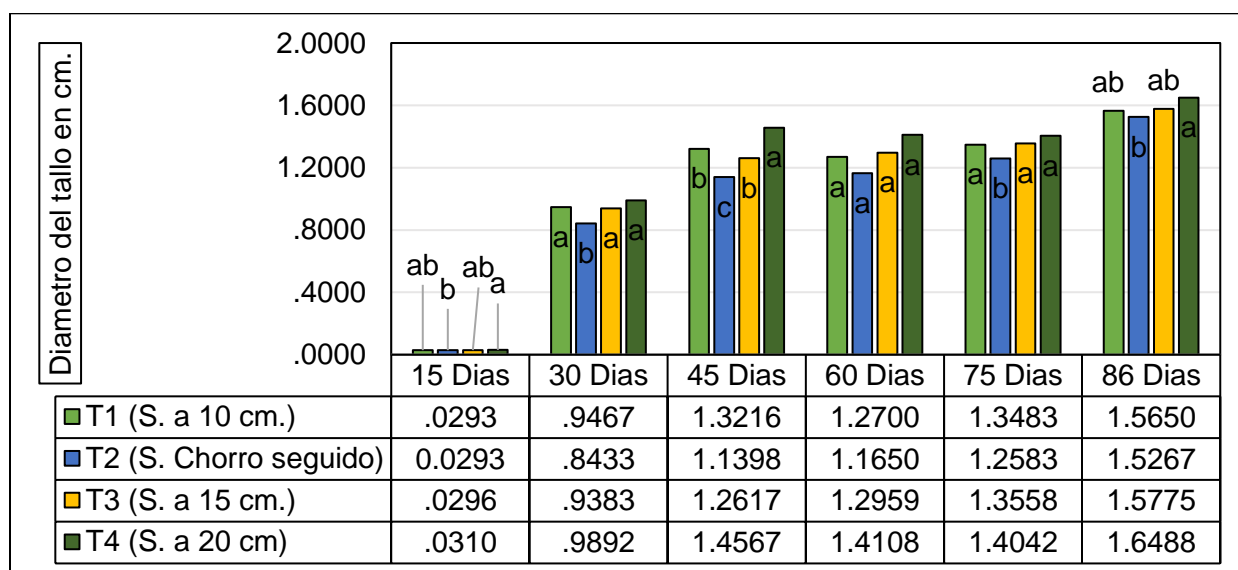


Ilustración 1. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en las diferentes mediciones post siembra 15, 30, 45, 60, 75 y 86 días.

Segun(Churango, 1975)la densidad de siembra no tiene efecto alguno en el diámetro de los tallos entre 125,000 y 230,000 plantas por hectárea, las diferencias se presentan en densidades bajas de entre 50,000-125,000 plantas por hectárea.

(Capella, 2003)menciona que se desconoce el efecto a una densidad mayor a las 230,000 plantas por hectárea, nuestra investigación muestra diferencia estadísticas con densidades arriba de las 230,000 plantas/ha siendo estas T1:357,143 plantas/ha cultivadas a chorro seguido, T2:714,285 plantas/ha cultivadas a 10 cm/postura, T3:464,285 plantas/ha cultivadas a 15 cm/postura y T4:357,143 plantas/ha cultivadas a 20 cm/postura.

De acuerdo al Ing. Perla, 2006 el diámetro de tallo aumenta significativamente en sus primeras etapas (1-45 días) y esto es debido a que en esa etapa de crecimiento la vaina de las hojas presenta un alto contenido de agua.

En la etapa de maduración (45-86 días) se puede observar que el diámetro fue disminuyendo en algunos tratamientos esto de acuerdo al crecimiento de la planta esto es respaldado por el Ing. Perla, (2006), que menciona que a medida la planta inicia el periodo de maduración, esta va perdiendo humedad, las hojas bajas se secan y la planta se vuelve más lignificada, por ende, con menor humedad tanto en las hojas como en el tallo.

(Doggett, 1988)manifiesta que el sorgo es generalmente una planta con un solo tallo pero varía mucho en su ahilamiento dependiendo de la variedad, la población de plantas y el ambiente.

La altura varia de 45 cm a más de 4 metros y depende del número de nudos que es igual al número de hojas producidas la altura también depende de las longitudes del entrenudo, el pedúnculo y la panícula y todos estos factores están bajo control genético separado.

Según(Wall, 1970) los tallos tienen de 7 a 24 nudos y son erectos sólidos con una corteza dura y una medula más suave, el diámetro del tallo varía de 5 a 30 mm en la base los haces vasculares son más numerosos, duros y pequeños hacia la periferia del tallo donde forman casi un anillo sólido.

Nuestros resultados muestran un diámetro superior en todos los tratamientos en su última medición correspondiente a los 86 post siembra suponemos que esto es debido a la competencia por la luz y nutrientes que es menor en densidades bajas de siembra por lo que no afecta el desarrollo de las plantas, así también el distanciamiento de siembra en las posturas, a mayor distanciamiento de siembra la competencia de nutrientes es menor y su respuesta puede observarse en el desarrollo de las plantas.

Tabla 2. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la sexta medición 86 días post siembra.

Modalidad de siembra	BI	BII	BIII	BIV	BV	BVI	X
1 Siembra a chorro seguido	1.6250	1.6550	1.5850	1.5550	1.4950	1.4750	1.5650 ab
2 Siembra a 10 cm/postura	1.5400	1.5550	1.5650	1.5850	1.4600	1.4550	1.5266 b
3 Siembra a 15 cm/postura	1.7150	1.6800	1.5650	1.5350	1.5000	1.4700	1.5775 ab
4 Siembra a 20 cm/postura	1.7300	1.6800	1.6450	1.6050	1.5580	1.6750	1.6488 a
X	1	1	1	1	1	1	1.5
	.6525	.6425	.5900	.5700	.5032	.5187	795

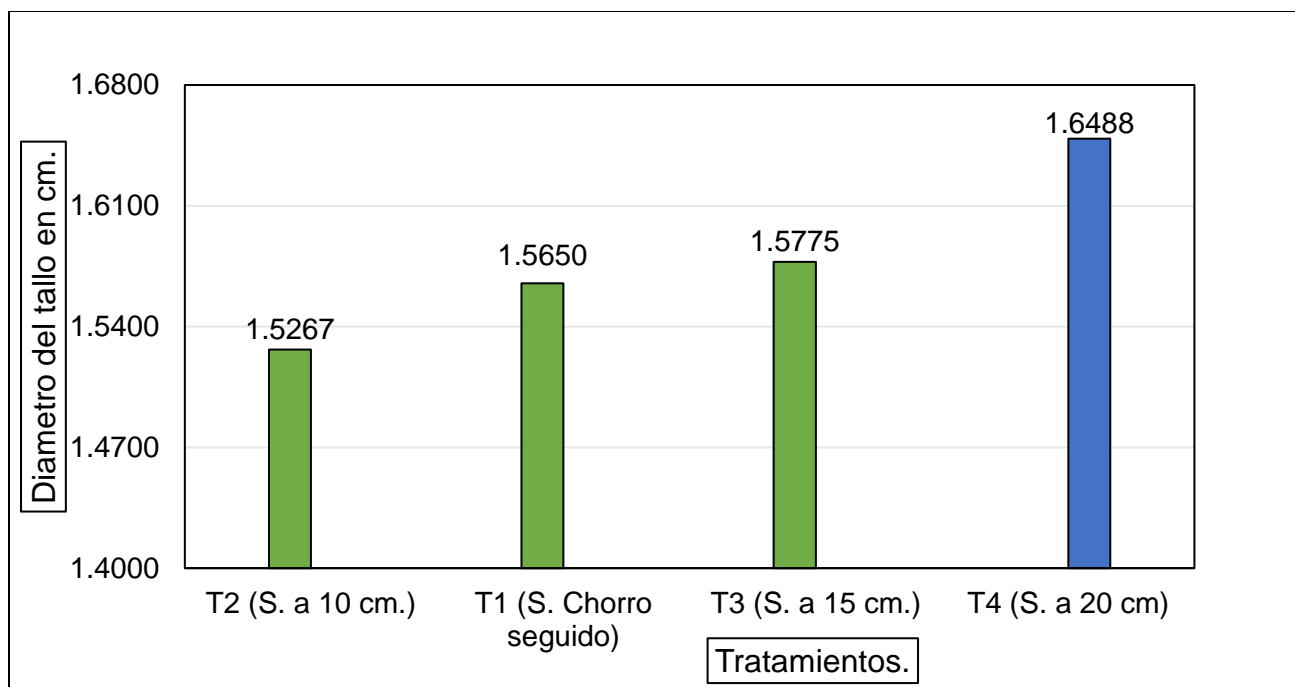


Ilustración 2. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la sexta medición 86 días post siembra.

4.2. Altura de planta (mt).

La evaluación de la variable altura de planta en metros se realizó a partir de los 15 días después de siembra y se extendió hasta los 86 días post siembra, realizando durante el ciclo del cultivo un total de seis mediciones (15, 30, 45, 60, 75 y 86 días).

Para la medición de la variable altura de planta, se evaluó el crecimiento vertical de estas, en cada parcela útil, las cuales se midieron desde la base del tallo, hasta el inicio del cogollo, en las mediciones de cada parcela se midieron la cantidad de 20 plantas por área útil 2.80 mt (1.4 mt × 2.0 mt) de cada una de los 24 bloques en estudio, que correspondían a 4 tratamientos y 6 bloques, los resultados promedios de cada una de las mediciones se muestran en el cuadro 3 y figura 3.

Después de realizar el análisis de varianza correspondientes a los tratamientos se observó que mediante la prueba de Duncan A-13 existieron diferencias estadísticas en dos mediciones; en la medición dos (30 días post siembra), y medición tres (45 días post siembra).

Los resultados obtenidos por el ANVA correspondientes a la medición uno A-14 (15 días), tres A-15 (45 días), cuatro A-16 (60 días), cinco A-17 (75 días) y seis (86 días) A-18 post siembra mostraron que los tratamientos uno (siembra a chorro seguido), tratamiento dos (siembra a 10 cm/postura), tratamiento tres (siembra a 15 cm/postura) y tratamiento cuatro (siembra a 20 cm/postura) no mostraron diferencia estadística alguna entre si durante la etapa de desarrollo correspondiente del cultivo, los resultados obtenidos se muestran en los cuadros A-19, A-20, A-21 y figuras A-7, A-8, A-9, A-10.

En la medición dos A-22 (30 días post siembra) se obtuvieron los promedios de 0.3954 mt correspondiente al tratamiento cuatro (siembra a 20 cm /postura) que resulto estadísticamente superior a los tratamientos uno (siembra a chorro seguido), tratamiento dos (siembra a 10 cm/postura) y tratamientos tres (siembra a 15 cm/postura) con promedios de 0.3657, 0.3553 y 0.3648 mt respectivamente el cuadro A-23 y la figura A-11 muestran dichos resultados, en cuanto a los tratamientos uno, dos y tres estos no mostraron diferencia alguna estadísticamente solo diferencia aritmética.

El ANVA en la medición tres A-24 (45 días post siembra), comprobó que existieron diferencias estadísticas significativas, siendo el tratamiento cuatro (siembra a 20 cm/postura) con promedios de 1.2940 mt, ser el mejor tratamiento al compararlo con los demás tratamientos, (T1, T2, y T3), con promedios de 1.2603, 1.2776, 1.2433, mt respectivamente, los resultados promedios de la mediciones realizadas de dicha variable se pueden observar en el cuadro 4 y la figura 4.

En la primera medición (15 días) post siembra no se manifestaron diferencias estadísticas significativas entre modalidades de siembra, según Downes, (1968) este resultado es debido a que en esta etapa la planta invierte la mayor parte de la energía producto de la fotosíntesis, en la reproducción de raíces, las cuales les darán el anclaje necesario durante la fenología de la planta y a su vez les servirán para la absorción de nutrientes y agua.

Tabla 3. Altura promedio de la planta en las diferentes mediciones post siembra 15, 30, 45, 60, 75, 86 días.

ra.	Modalidad de siembra	Periodo post siembra					
		15 Días	30 Días	45 Días	60 Días	75 Días	86 Días
1	S. a chorro seguido	0.0674 a	0.3657 ab	1.2603 ab	1.8862 a	2.3091 a	2.3909 a
2	S. a 15 cm/postura	0.0683 a	0.3553 b	1.2776 ab	1.9391 a	2.3450 a	2.3958 a
3	S. a 15 cm/postura	0.0782 a	0.3648 ab	1.2433 b	1.9378 a	2.3544 a	2.4433 a
4	S. a 20 cm/postura	0.0775 a	0.3954 a	1.2940 a	1.9333 a	2.3507 a	2.4438 a

Según (House, 1985) una vez que empiezan a desarrollarse las raíces adventicias, el mesocotilo empieza a morir, la absorción de nutrientes del suelo se incrementa y la fotosíntesis empieza a apoyar el rápido desarrollo de los tejidos sobre y bajo la tierra.

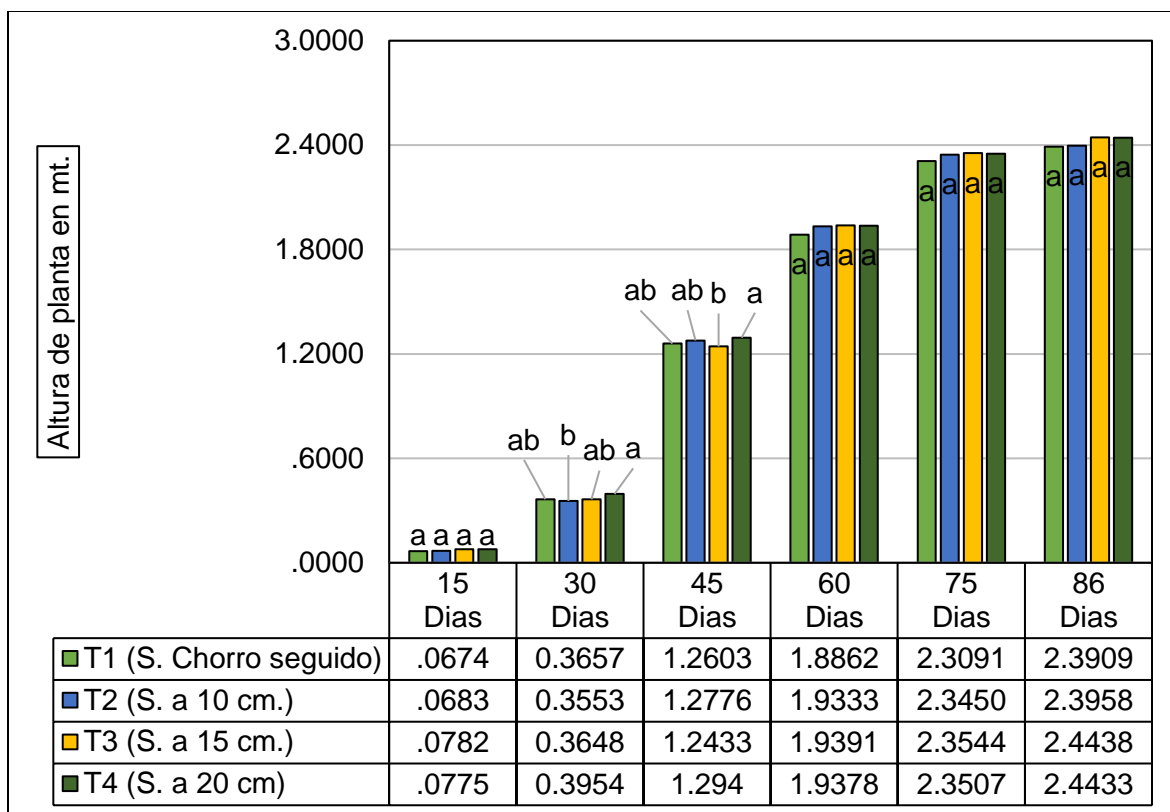


Ilustración 3. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en las diferentes mediciones post siembra 15, 30, 45, 60, 75 y 86 días.

En cuanto a la segunda medición (30 días) se puede apreciar que las plantas empiezan a mostrar sus características morfológicas que las distinguen y esto es debido a que al inicio del experimento la demanda de nitrógeno por la planta no es considerable, siendo esta fase garantizada hasta los 30 días ya que adsorbe los nutrientes que esta necesita de la reserva de la semilla según manifiesta (Sarasola, 1975).

En cuanto a las mediciones uno (15 días), cuatro (60 días), cinco (75 días) seis (86 días), los tratamientos se portaron de manera similar no así en la mediciones dos y tres (30 y 45 días post siembra) donde resulto siendo superior el tratamiento cuatro en ambas mediciones (siembra 20 cm/postura).

(Bartolini, 1990) manifiesta que la altura del tallo la determina la longitud de los entrenudos, que es controlada por cuatro genes recesivos, *dw1*, *dw2*, *dw3* y *dw4*, que actúan de manera independiente sin afectar el número de hojas o la duración del periodo de crecimiento.

Tabla 4. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la sexta medición 86 días post siembra.

Modalidad de siembra	BI	BII	BIII	BIV	BV	BVI	x
1 Siembra a chorro seguido	2.3425	2.3475	2.3375	2.410	2.4780	2.4300	2.3909 a
2 Siembra 10 cm/postura	2.3325	2.3450	2.3950	2.4250	2.4350	2.4425	2.3958 a
3 Siembra a 15 cm/postura	2.4650	2.4275	2.4150	2.4475	2.4650	2.4400	2.4433 a
4 Siembra a 20 cm/postura	2.3910	2.3605	2.5100	2.4685	2.4750	2.4575	2.4438 a
x	2.3828	2.3701	2.4144	2.4378	2.4633	2.4425	2.4185

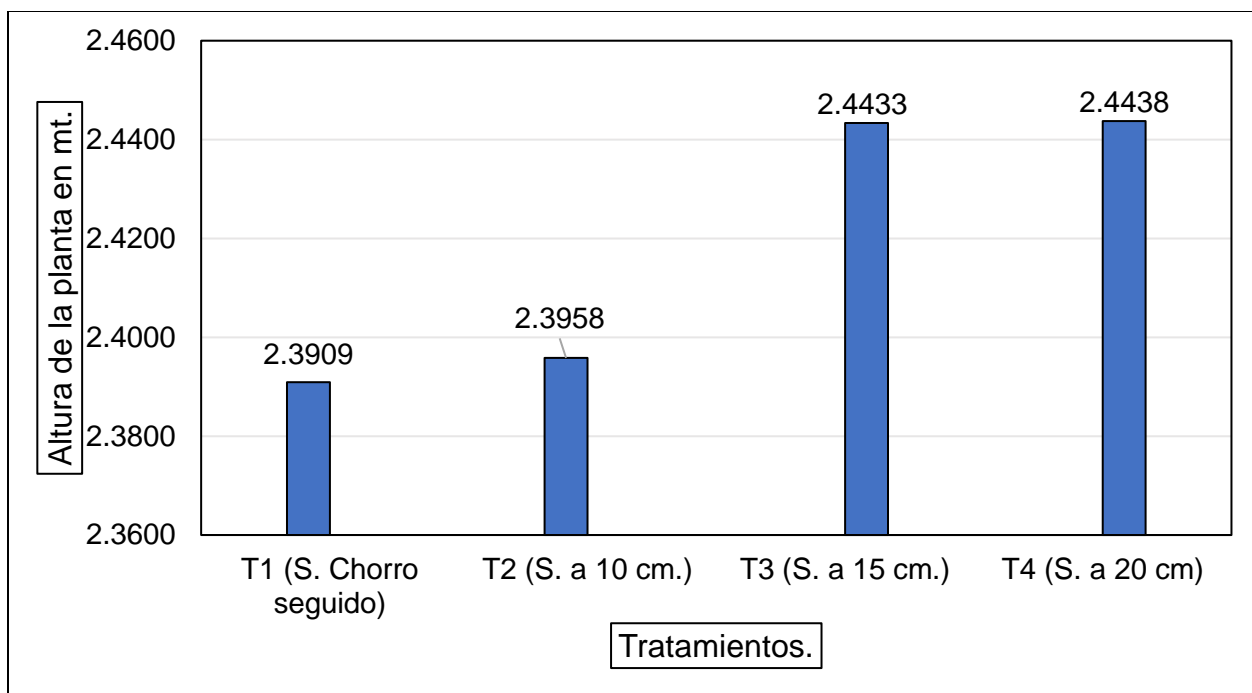


Ilustración 4. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la sexta medición 86 días post siembra.

4.3. Rendimiento en Biomasa (ton/ha).

La evaluación de la variable rendimiento de biomasa en ton/ha se realizó luego de que el cultivo haya cumplido 86 días y que este estuviese en su estado masoso lechoso, que es el punto óptimo en el cual se debe cosechar para la elaboración de ensilaje. El análisis de dicha variable se realizó cortando las plantas de zacate verde del área útil (1.4 mt × 2.0 mt) luego de cortar y picar el sorgo del área útil de cada uno de los tratamientos en estudio, este fue pesado, para determinar cuál de estos obtuvo los mejores resultados en cuanto a rendimiento de biomasa (medido en kilogramos por hectárea).

En el tratamiento uno (siembra a chorro seguido) Se midieron un total de 100 plantas (25 plantas por metro lineal) en el área útil 2.8 mt (1.4 mt × 2.0 mt) de cada uno de los bloques en estudio.

En el tratamiento dos (Siembra a 10 cm/postura) se midieron un total de 200 plantas (50 plantas por metro lineal) en el área útil 2.8 mt (1.4 mt × 2.0 mt) tomando 10 posturas por metro lineal (5 plantas/postura) en cada uno de los bloques en estudio de dicho tratamiento.

El tratamiento tres (siembra a 15 cm/postura) se midieron un total de 140 plantas (35 plantas por metro lineal) en el área útil 2.8 mt (1.4 mt × 2.0 mt) tomando 7 posturas por metro lineal (5 plantas/postura) en cada uno de los bloques en estudio de dicho tratamiento.

El tratamiento 4 (siembra a 20 cm/postura) se midieron un total de 100 plantas (25 plantas por metro lineal) en el área útil 2.8 mt (1.4 mt × 2.0 mt) tomando 5 posturas por metro lineal (5 plantas/postura) en cada uno de los bloques en estudio de dicho tratamiento.

Después de realizar el análisis de varianza A-25 y la prueba Duncan A-26 podemos observar que no existieron diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos en estudio, tratamiento uno (siembra a chorro seguido) tratamiento dos (siembra a 10 cm/postura), tratamiento tres (siembra a 15 cm/postura) y tratamiento cuatro (siembra a 20 cm/postura), los resultados obtenidos del rendimiento en biomasa en ton/ha se muestran en el cuadro 5 y figura 5.

(Fontanetto, 1977)menciona que, el éxito de un cultivo depende de múltiples factores: edáficos, ambientales, económicos financieros y de manejo, pudiéndose afirmar además que el rendimiento está estrechamente relacionado con la cantidad de semillas útiles que se siembran por metro cuadrado o metro lineal de surco, y con el número de plantas logradas a la cosecha.

Tabla 5. Resultados obtenidos de rendimiento en biomasa ton/ha a los 86 días post siembra.

Tratamientos	Medición	Promedio
1	1	63.5800 a
2	1	63.8500 a
3	1	57.7370 a
4	1	58.9800 a

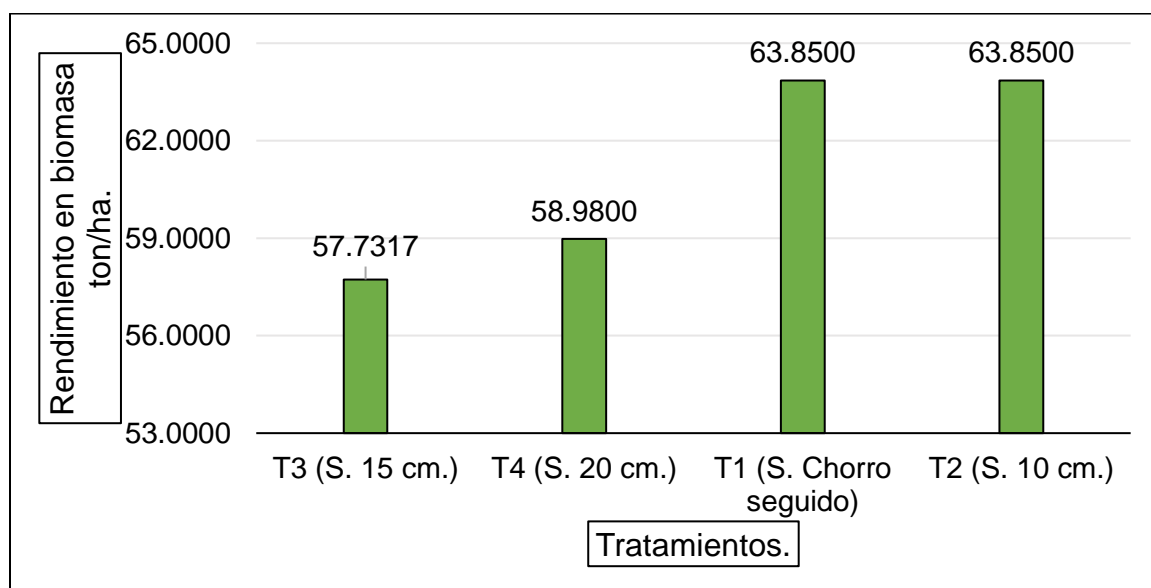


Ilustración 5. Resultados obtenidos de rendimiento en biomasa ton/ha a los 86 días post siembra.

(Bernardis, 2001) manifiesta que en cuanto a la demanda de nutrientes, la gran necesidad se da a partir de los 20 a 30 días posteriores a la emergencia y hasta 10 días previos a la floración, periodo en el cual el cultivo toma aproximadamente el 70 % de los nutrientes requeridos.

Por lo tanto una buena nutrición desde los primeros estados de desarrollo producirá una cantidad de área foliar suficiente para interceptar la mayor parte de la radiación incidente y asegurar así una alta eficiencia para transformarla en biomasa.

Según (Bartolini, 1990) a medida que se prolonga la edad de corte la producción de biomasa aumenta y se reduce su contenido de proteína. Por otra parte el Ing. (Marco Claros), manifiesta que el incremento de la alta producción de materia verde de estas variedades fue debido a una serie de factores dentro de los cuales destaca el distanciamiento de siembra (número de plantas por metro lineal), el manejo, labores, fertilizaciones que se realizaron, de la preparación del terreno, del tiempo de descanso del terreno donde se estableció el cultivo y de las condiciones medio ambientales que a su parecer fueron las óptimas para el buen desarrollo del cultivo y que según la oferta de todas estas variantes los resultados obtenidos en el ensayo se ven alterados por el buen manejo y por la capacidad de aprovechamiento de los recursos disponibles para el cultivo en cuestión, por lo tanto los rendimientos de materia verde o biomasa fueron mayores a los esperados.

Chávez Batres y Numan Soley en el año (2008) realizaron un estudio denominado “Evaluación del Contenido Nutricional en el Follaje Verde de Sorgo (Sorgumbicolor), Variedad R.C.V Cosechado a Diferentes Edades, con el Propósito de Obtener Ensilaje.

Dicho estudio muestra promedios de rendimiento de biomasa de T1: 42.050, T2: 52.910 T3: 64.690, T4: 42.190, cosechados a diferentes etapas del desarrollo del cultivo, 60, 75, 90 y 90 días respectivamente utilizando una modalidad de siembra a chorro seguido, nuestros resultados al ser comparados muestran mayor rendimiento en biomasa con promedios de T1: 63.5833 chorro seguido T2: 63.8500 siembra 10 cm/postura, T3: 57.7317 siembra 15 cm/postura, T4: 58.9800 siembra 20 cm/postura cosechados a los 86 días la diferencia pudo ser

marcada por la modalidad de siembra, la variedad cultivada sorgo R.C.V comparada con Sorgo bmr y la fertilización aplicada.

Según el ingeniero Valencia, (2009) en el país se habla de un rendimiento promedio en biomasa de 67.01 ton/mz en RCV, los rendimientos altos, logrados en este ensayo no quieren decir que la información no es confiable; quiere decir que la variedad mostró todo su potencial bajo el ambiente favorable de manejo que tuvieron.

Los resultados alcanzados en rendimiento en biomasa en nuestra investigación se encuentran ligeramente por encima de la producción reportadas para esta variedad (RCV) (55 tm/ha) en cuanto al promedio en biomasa de los 4 tratamientos de la variedad de sorgo CENTA S-2 bmr es de 61,104.25 tm/ha, se piensa que haber hecho tres aplicaciones de fertilizante mezcladas entre sulfato de amonio y formula 16-20-00 y la buena fertilidad del terreno, han sido los factores más importantes en el incremento del rendimiento, pues normalmente se utilizan dos fertilizaciones (siembra y al aporco).

4.4. Peso dela panoja (lb).

La evaluación del peso de la panoja expresada en libras se realizó a los 86 días después de siembra cuando el grano estaba en su estado masoso lechoso que es el estado fisiológico adecuado para obtener un buen resultado en la medición y también para evitar alteración en los resultados causados por el daño que pueden ocasionar los pájaros al grano de la panoja.

Se midieron veinte panojas tomadas completamente al azar de las plantas colocadas en el área útil (1.4 mt × 2.0 mt) de cada una de las veinticuatro parcelas en estudio, que correspondían a cuatro tratamientos y seis bloques, los resultados promedios se muestran en el cuadro 6 y figura 6.

Después de realizar el análisis de varianza correspondientes a los tratamientos A-27 y mediante la prueba de Duncan A-28 se observó que no existe diferencia estadística entre los tratamientos; tratamiento uno (siembra a chorro seguido), tratamiento dos (siembra a 10 cm/postura), tratamiento tres (siembra a 15 cm/postura) y tratamiento cuatro (siembra a 20 cm/postura), con promedios de 0.186 lb, 0.190 lb, 0.206 lb y 0.2000 lb respectivamente.

La cosecha del sorgo puede hacerse cuando el grano alcanza la madurez fisiológica, aproximadamente 90 días después de la germinación. En este momento el grano tiene entre 25 y 30% de humedad; sin embargo, si no se cuenta con la infraestructura adecuada para el secado, lo más aconsejable es cosechar cuando posee entre 15 y 18% de humedad Saucedo, (2008).

(Fisher, 1971) manifiesta que el rendimiento final de sorgo no solo está influenciado por la cantidad de área fotosintética presente en un cultivar, sino que también el tamaño de la panoja y el número de granos durante la etapa post-antesis juegan un papel importante, ya que constituyen la principal demanda de metabolitos durante dicha etapa.

Un factor importante para obtener los resultados alcanzados en nuestra investigación fue el control de pájaros en el estado de madurez fisiológica del grano, Singh.S.S. (1962) menciona que al realizar cortes del ápice y de la mitad de la panoja durante las etapas de emergencia de panoja y grano lechoso, con el objetivo de simular el daño de los pájaros, mencionan que la reducción en el rendimiento fue mayor cuando se realizó el corte en la etapa de grano lechoso y que la reducción del rendimiento fue mayor cuando se cortó la mita de la panoja.

Tabla 6. Peso de la panoja (lb) obtenidos durante 86 días post siembra.

Tratamientos	Medición	Promedio
1	1	0.1862 a

2	1	0.1907 a
3	1	0.2065 a
4	1	0.2001 a

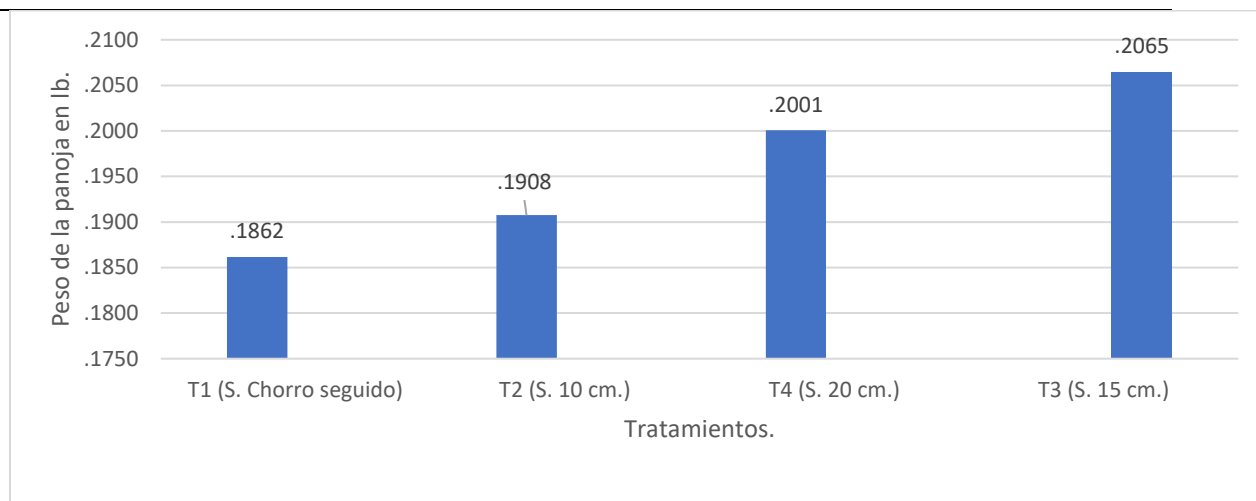


Ilustración 6. Peso de la panoja en libras obtenidas durante 86 días post siembra.

(Wall, 1970) manifiesta que los granos con altos contenidos de taninos generalmente son menos dañados por el ataque de pájaros, aunque estos pueden atacar el grano en la etapa lechosa si no encuentran disponible otra fuente de alimento, según Bruggers, 1982 las panículas abiertas colgantes y glumas largas con aristas, han sido asociados algunas veces con una reducción en el daño de pájaros, la utilización de barreras vivas de sorgo sirvieron para poder controlar el ataque de los pájaros así como la utilización de cintas de casete que sirvieron como herramienta de auyentamiento de los pájaros logrando así la madures necesaria del grano.

La prueba utilizada para determinar que el grano está en su estado de madures fisiológico es el de la uña del dedo pulgar, cuando el grano no puede ser reventado por la uña del dedo pulgar está listo para ser cosechado, también la prueba de la mordedura es útil y consiste en la quebradura limpia del grano cuando se le muerde con los dientes delanteras ambas pruebas pusimos en práctica al momento de determinar el corte de la panoja.

Las mayores exigencias en agua comienzan unos 30 días después de la emergencia y continúan hasta el llenado de los granos, siendo las etapas más críticas las de panoja miento y floración, puesto que deficiencias hídricas en estos momentos producen importantes mermas en los rendimientos, los mayores rendimientos se logran cuando el uso de agua esté disponible durante toda la estación de cultivo.

(Benett, 1986) Menciona que a pesar que el sorgo tiene la capacidad de permanecer latente durante la sequía, para volver luego a crecer en periodos favorables, las situaciones de estrés modifican su comportamiento: el inicial conduce generalmente a una prolongación del ciclo del cultivo, mientras que el estrés tardío acelera la madurez.

4.5. Longitud de la panoja(cm).

La evaluación de la longitud de la panoja expresada en cm se realizó a los 85 días después de siembra cuando el grano estaba en su estado masoso lechoso que es el estado fisiológico adecuado además en ese momento el cien por ciento de las panojas estaban fuera en su totalidad de la última hoja de la planta la hoja bandera q sirve como vaina para la inflorescencia.

Se midieron veinte panojas tomadas completamente al azar de las plantas colocadas en el área útil (1.4 mt × 2.0 mt) de cada una de las veinticuatro parcelas en estudio, que correspondían a cuatro tratamientos y seis bloques, los resultados promedios se muestran en los cuadro 7 y figura 7.

Después de realizar el análisis de varianza correspondientes a los tratamientos A-29 y la prueba estadística Duncan A-30 se observó que no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos tratamiento uno (siembra a chorro seguido), tratamiento dos (siembra a 10

cm/postura), tratamiento tres (siembra a 15 cm/postura) y tratamiento cuatro (siembra a 20 cm/postura), con promedios de 20.475 cm, 20.9417, 21.7667 cm y 21.3583 cm respectivamente.

Los resultados alcanzados en nuestra investigación se encuentran ligeramente por debajo de la longitud reportados para esta variedad, (CENTA) nos muestra que para la característica longitud de la panoja va de 27 a 29 cm de largo.

En un estudio realizado por (Diaz Diaz, 2011) obtuvo un tamaño de la panoja de 0.178 m a una densidad de 220,000 plantas/ha lo que nos muestra una longitud inferior a la nuestra al ser comparada con las densidades más bajas de siembra de nuestro estudio 178,571.42 plantas/ha y una longitud de 0.21 m lo que hace más confiable nuestros resultados, y podemos observar además el efecto que las diferentes distancias de siembra tuvieron sobre esta variable dejando así como peor tratamiento la siembra a chorro seguido correspondiente al tratamiento uno con un promedio de 20.475 cm, tratamiento dos: 20.94 cm siembra a 10 cm/postura, tratamiento tres: 21.76 cm siembra a 15 cm/postura , y tratamiento cuatro: 21.35 cm siembra a 20 cm/postura.

Según (Compton, 1990) la longitud de la panoja se reduce tanto, con el aumento de la densidad de siembra, como con la disminución de las distancias entre hileras, esto por la competencia entre las plantas de nutrientes, luz y humedad del suelo; el tamaño potencial de la panoja ocurre después de los 45 a 50 días, cuando ya ha desarrollado la panícula, la inflorescencia terminal del sorgo, puede interceptar 25 a 40% de la radiación incidente y proveer el 15% o más de la fotosíntesis total del dosel dependiendo del genotipo.

Tabla 7. Promedio de longitud de la panoja en centímetros obtenidos a los 86 días post siembra.

Tratamientos	Medición	Promedio
--------------	----------	----------

1	1	20.4750 a
2	1	20.9416 a
3	1	21.7666 a
4	1	21.3583 a

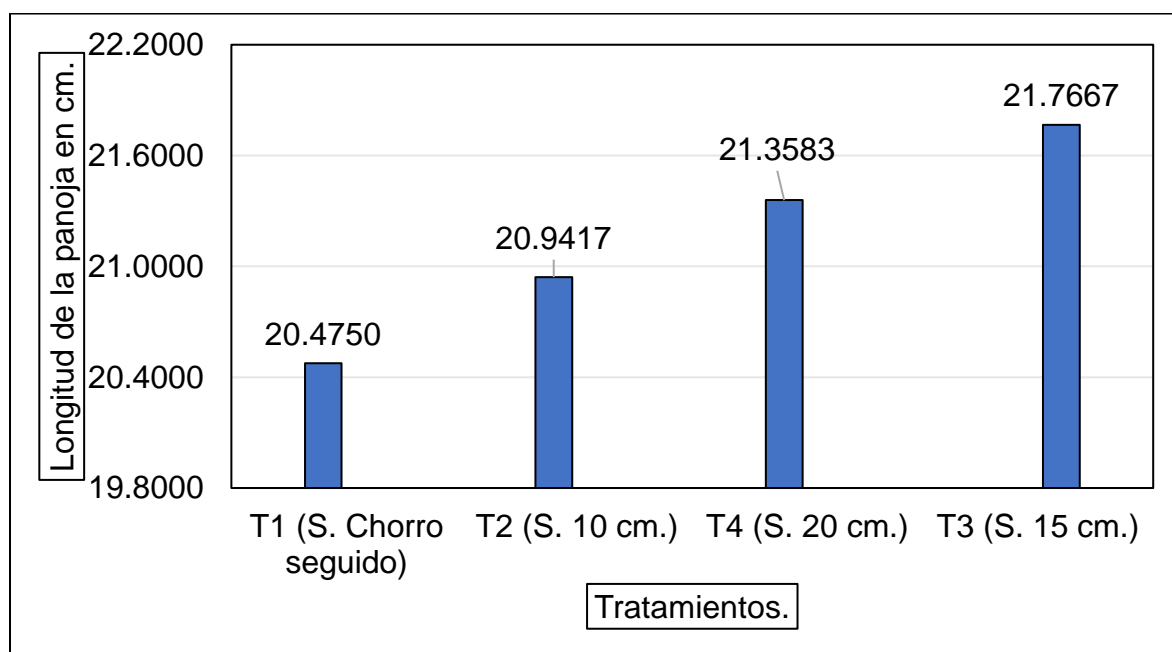


Ilustración 7. Promedio de longitud de la panoja en centímetros obtenidos a los 86 días post siembra.

(Espinoza, 1994) Manifiesta para obtener altos rendimientos en longitud de panoja las variedades deben presentar panoja semi-serrada y una longitud de panoja superior a los 30 cm.

Esta característica de longitud de panoja, comparado con los resultados obtenidos por (Churango, 1975) y (Correa, 1967) que alcanzaron promedios de 23.28 y 18.87 cm respectivamente son menores a los obtenidos en el presente trabajo que alcanzó un promedio de 21.135 cm siendo así nuestros datos obtenidos más reales.

(Ezeaku, 2006) manifiesta que el número de granos y el peso por panoja son los componentes de rendimiento más importantes.

4.6. Evaluación económica.

El análisis económico por tratamientos se presenta en el cuadro (12), el cual refleja los costos totales de producción, mostrando los siguientes valores T1 (\$32.78), T2 (\$44.34), T3 (\$37.30) y T4 (\$32.78), es de hacer notar que algunos valores son muy similares entre ellos, esto debido a que cada tratamiento con su modalidad de siembra fueron manejados agrónomicamente de la misma forma, así también la aplicación de los insumos agrícolas empleados durante el desarrollo fisiológico del cultivo, es importante recalcar que la diferencia de costos existente entre cada tratamiento es debido a la cantidad de semillas utilizadas en cada tratamiento (T1: 0.175 lb, T2: 0.350 lb, T3: 0.233 lb, T4: 0.175 lb).

En el caso de los ingresos por ventas, el tratamiento T2 (\$ 70.8) presentó el mayor ingreso seguido por T1 (\$ 70.5), y los demás tratamientos obtuvieron los siguientes ingresos T4 (\$65.4), T3 (\$64.20).

Podemos manifestar que si comparamos los tratamientos que representan la modalidad de siembra por postura (T2: Siembra a 10 cm/postura, T3: Siembra 15 cm/postura, T4: Siembra 20 cm/postura) con respecto a la modalidad de siembra chorro seguido representada por T1, podemos manifestar que el T2 supera por varios centavos al T1, T3 y T4, pero para elegir que modalidad de siembra a utilizar es necesario ver el tratamiento que alcanza un mejor beneficio/costo.

Con respecto a la relación beneficio/costo, los tratamientos T1 (\$2.15) y T4 (\$1.99) son los que mayor beneficio representan, seguido por T3 (\$1.72) y T2 (\$1.59) de dichos tratamientos se obtiene por cada dólar invertido T1 \$1.63, T4 \$1.44, T3 \$1.05 y T2 \$0.84 respectivamente.

Podemos darnos cuenta que la diferencia que existe entre los tratamientos T1 y T4 es relativamente mayor que la que muestran los tratamientos T2 y T3 lo que indica que es mejor utilizar la siembra a chorro seguido 25 plantas/metro lineal, así también la modalidad de siembra por postura pero con distanciamiento de 20 cm/postura y una densidad de 5 plantas/postura.

De acuerdo a los resultados obtenidos el tratamiento que resulta con más utilidad por área útil es el tratamiento T1 (\$37.72) el cual pertenece a la modalidad de siembra de chorro seguido que para esta investigación es el que se recomienda utilizar seguido por el tratamiento T4 (\$32.62) el cual representa la modalidad de siembra postura con un distanciamiento de 20 cm/postura con una densidad de 5 plantas/postura y tanto el T3 mostro una utilidad de \$26.90 y T2 mostro una utilidad de \$26.46 ambos representan la modalidad de siembra postura con distanciamientos de 15 y 10 cm respectivamente.

En conclusión los tratamientos que se pueden utilizarse en el área agrícola en el cultivo de sorgo son el T1 (Siembra a chorro seguido) y T4 (Siembra por postura) tomando en cuenta que en la modalidad por postura el cultivo se debe manejar a densidades de 20 cm/postura y 5 plantas/postura, al aumentar las densidades de siembra los ingresos por venta de silo, el beneficio costo y las utilidades disminuyen es por eso que se recomienda el T1 y T2 para obtener mayores ingresos por silo sin necesidad de aumentar las densidades de siembra.

Tabla 8.Evaluación económica para cada uno de los tratamientos.

Conceptos por tratamientos	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Ingreso total	\$70.5	\$70.8	\$64.20	\$65.4
Venta de silo (\$6) quintal	\$ 70.5	\$ 70.8	\$64.20	\$65.4

Costo total	\$32.78	\$ 44.34	\$37.30	\$32.78
Costo variable	\$16.66	\$17.10	\$16.80	\$16.66
Preparación de suelo	\$0.5282	\$0.5282	\$0.5282	\$0.5282
Semilla (CENTA S-3 bmr)	\$0.44	\$0.88	\$0.58	0.44
Fertilizante (formula 16-20-0)	\$3.13	\$3.13	\$3.13	\$3.13
Sulfato de amonio	\$0.75	\$0.75	\$0.75	\$0.75
2 Royo de pita	\$0.75	\$0.75	\$0.75	\$0.75
Insecticida (Marshall)	\$1.25	\$1.25	\$1.25	\$1.25
Volaton Granulado	\$1.25	\$1.25	\$1.25	\$1.25
Herbicida (Gramozone)	\$1.50	\$1.50	\$1.50	\$1.50
Plaguicida (Larvin)	\$2	\$2	\$2	\$2
Lacnate	\$0.62	\$0.62	\$0.62	\$0.62
Nylon negro	\$3	\$3	\$3	\$3
Maquinaria cortadora	\$1.44	\$1.44	\$1.44	\$1.44
Costo fijo	\$16.12	\$27.24	\$20.50	\$16.12
Mano de obra (14 días / hombre).	\$13.12	\$24.24	\$17.50	\$13.12
Mano de obra (2 días/hombre)	\$3	\$3	\$3	\$3
Utilidad o Perdida	\$37.72	\$26.46	\$26.90	\$32.62
B/C	\$2.15	\$1.59	\$1.72	\$1.99

Mano de obra para el manejo del cultivo tomando como base un salario mínimo de \$5/día hombre (14 días/hombre).

Mano de obra para ensilaje en 84 metros cuadrados tomando en cuenta como base un salario mínimo de \$ 6 días hombre (2 días hombre).

5. CONCLUSIONES.

1. En el diámetro de tallo en (cm) el T4: Siembra a 20 cm/postura fue el que estadísticamente mejor se comportó con un promedio superior de 1.6488 cm, mientras tanto los tratamientos 1, 2 y 3 mostraron un comportamiento estadísticamente similar con promedios de 1.5650, 1.5266, 1.5775 cm respectivamente.

2. Con relación a la variable altura de la planta (mt), los resultados no mostraron diferencia estadística significativa con promedios de: T4: Siembra 20 cm/postura (2.4438 cm), T3: Siembra a 15 cm/postura (2.4433 cm), T2: Siembra a 10 cm/postura (2.3958 cm) y T1: Siembra a chorro seguido (2.3909 cm).

3. En la producción de biomasa expresada en (ton/ha) los resultados obtenidos nos muestran que no existieron diferencias estadísticas significativas en ninguno de los tratamientos con promedios de producción de biomasa de: T3: 57.7317 Ton/ha, T4: 58.9800 Ton/ha, T1: 63.5833 Ton/ha, y T2: 63.8500 Ton/ha.

4. Con relación a la variable peso de la panoja (lb) los resultados muestran que no existieron diferencia estadística significativa del T3: Siembra a 15 cm/postura con promedio de 0.20 lb seguidos de los tratamientos T2, T4 y T1 con promedios de: 0.1907, 0.2001 y 0.1862 lb respectivamente.

5. Con relación a la variable longitud de la panoja expresada en (cm) los resultados no muestran diferencia estadística significativa del T3: Siembra a 15 cm/postura con un promedio

de 21.7677 cm seguidos de los tratamientos T2, T4 y T1 con promedios de:20.945,21.358 y 20.475 cm respectivamente.

6. Considerando la relación beneficio costo la modalidad de siembra a chorro seguido (T1) y la modalidad de siembra 20 cm/postura (T4) resultaron ser la mejor opción económicamente, ya que presentan la mejor relación beneficio/costo con \$2.15 y \$1.99 respectivamente, seguidos de las modalidades de siembra 15 cm/postura (T3) con una relación de \$1.72 y como última alternativa está el T2 con una relación beneficio costo de \$1.72 respectivamente.

6. RECOMENDACIONES.

A partir de los resultados obtenidos en la investigación se recomienda lo siguiente:

1. En base al análisis económico tomando en cuenta la relación beneficio costo, recomendamos utilizar el tratamiento uno (siembra a chorro seguido) seguido del tratamiento cuatro (siembra a 20 cm/postura) la cual representan la mejor relación beneficio costo.
2. Realizar ensayos en los estados fenológicos: Panoja embuchada, y grano duro, en similares condiciones climáticas y edáficas para poder realizar recomendaciones en función de la edad y condiciones.
3. Si el objetivo principal es la obtención de grano se recomienda utilizar cualquiera de las modalidades de siembra a chorro seguido o siembra por postura (10, 15 y 20 cm/postura).
4. A estudiantes e investigadores realizar ensayos con la variedad de sorgo CENTA S-3 bmr bajo las modalidades de siembra a chorro seguido y siembra por postura (10 cm, 15 cm, 20 cm entre postura) en diferentes zonas edafoclimaticas y poder realizar recomendaciones en función de las diferentes zonas del país.

5. Realizar ensayos con diferentes distanciamientos de siembra entre postura y entre surcos y a su vez incrementar o disminuir el número de plantas utilizadas en las posturas, para conocer si hay un incremento o disminución en el rendimiento de biomasa. (El número de plantas utilizadas en la investigación fue de 5 plantas por postura y 70 cm entre surco).

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Bartolini, R. (1990). En *El maiz* (pág. Pag. 166.). Madrid, España: Mendi prensa castillo.

Benett, W. (1986). *Producción moderna de grano de sorgo*. . Argentina.: Traducción Española: Editorial Hemisferio Sur, Argentina.

Bernardis, H. (2001). *Estructura del cultivo, fertilizacion nitrogenada, radiacion interceptada y produccion de materia seca en sorgo en siembra directa*. Argentina.

Blum, A. (1977). En *Base de la heterosidad en la diferenciacion de la panicula de sorgo*. (págs. P. 880-882.). Crop. Sci. USA.

Bockmar. (1990). En *Agricultura y fertilizante, fertilizantes en perspectiva*. (pág. Pag. 47.). Noruega. .

Bruggers, R. (1982). *Sorghum in the eighties: roc. Int. symp. On sorghum*, ICRISAT, India.

Capella, H. (2003). *Manual tecnico manejo agronomico de algunos cultivos forrajeros y tecnicos para su conservacion en la region caribe colombia*. Cordoba, Colombia.

Castañon, G. (2000). *Ingenieria del riego Utilizacion regional del agua*. Thomson: España. : Paraninfo S.A.

CENTA-MAG. (1995). *Cultivo del maiz guia tecnica*. La Libertad El Salvador, C.A.

Churango, C. (1975). *Comparativo de 11 variedades de sorgo granifero en la zona alta de Iquitos*. UNAP, Iquitos, Peru.

Compton, P. (1990). *Agronomia del sorgo*. El Salvador, Centro Tecnologico Agropecuario.: Traducido por Maria Guadalupe Lopez.

Cormick, M. (1984). *Sorghum utilization in forage-based livestock programs*. . Georgia, USA.: Duncan.

Correa, A. (1967). *Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de sorgo de grano en la zona de Iquitos*. Iquitos, UNAP, Peru.

Deras, F. (2000). En *Informe devalidacion de la variable de doble proposito CENTA S-3, Programa de granos basicos*. (págs. Pag.11-13.: CENTA-MAG.). La Libertad, El Salvador. .

Devlin, R. (1975). *Fisiologia de las plantas*. . Van Nostrand Co. 3° Edicion.

Diaz Diaz, L. (2011). *Evaluacion comparativa de sorgo nervadura cafe y sorgo nervadura blanca para la produccion de ensilaje*. Zamorano, Honduras.: Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Doggett, H. (1988). *Sorgo Agricultura tropical*. Longman.: (Sorgo 2° Ed. ed.).

Downes, R. (1968). *Efectos de la temperatura en el grano de sorgo*. Aust. J Agric.

- Eastin, J. (1985). En *Sorghum bicolor*. . Florida, USA. Habdbbook of flowering.: (Vol. IV). .
- Escobosa, L. (2007). En *Produccion de ganado lechero. Mexico, D.F.* (pág. Pag. 62.).
- Espinoza, C. y. (1994). En *Analisis del manejo del riego por aspersion en el centro nacional de investigacion agropecuaria*. Managua, Nicaragua. (págs. 42-55). .
- Evans, L. (1976). En *Aspectos de comparacion fisiologica de rendimiento de grano en cereales*. (págs. Pag. 301-359.). Adv. Agron. .
- Ezeaku, I. y. (2006). *Character association and path analysis in grain sorghum*. Afr. J. Biotechnol. .
- Fisher, K. (1971). *Estudios de la produccion de grano de sorgo*. . Aust. J. Agric.
- Fontanetto, H. (1977). Adecuada densidad de plantas para el sorgo granifero. . *Comunicado de Prensa N° 388, INTA. Rafaela*.
- Frederiksen, R. (1986). *Enfermedades de sorgo*. Minesota, USA. Am. Sociedad Fitopatologica..
- Garner. (1985). *Fisiologia de plantas cultivadas*. Prensa de la Universidad de Iowa.
- Graetz, H. (1985). En *Suelos y fertilizantes*. (págs. P. 27, 29,59.). Editorial triller 5ta. Impresión.
- Gudiel, V. (1987). *Manual Agricola super B, Manual agrícola 6*. Guatemala: 4° Edicion.
- Heath, M. (1973). En *Forages. 3r edn: lowa state univ. press, ames, lowa*.
- House, L. (1985). *Guia para la educacion del sorgo*. India.: ICRISAT, 2° Edicion.

- Hulse, J. (1980). *Sorghum and the millets, their composition and nutritive value.* . Academic pres.
- Israelsen, H. (2011). *Principios y aplicaciones del riego.* Israel.: Reverte S.A.
- Jordan, W. (1979). Compensatory growth in the crow foot system of sorghum. .
- Krieg, D. (1983). En *Sorghum. In. Teare, I.D, and Peet, M.M. USA. John Wiley y Sons.* (pág. Pag. 547: Crop Water relations.).
- Luque, J. (2006). *Proyectos agrícolas de riego.* Buenos Aires, Argentina.: Hemiferio sur.
- Maiti, R. (1986). *Morfología, crecimiento y desarrollo del sorgo.* . Nuevo Leon, Mexico.
- Medina, J. (2012). *Riego por goteo.* . Madrid.: Mundi prensa.
- Miller. (1979). *Compensatory growth in the foot system of sorghum.*
- Milthorpe, F. (1979). En *Introduccion a la fisiologia de los cultivos.* (pág. pag. 244.). Prensa de la Universidad de Cambrige.: (Vol. 2° Edicion.).
- Mitchell, K. (1953). Fisiologia de las plantas.
- Paul, C. (1990). Agronomia del sorgo. Programa de mejoramiento de sorgo del ICRISAT para America Latina.
- Perez, D. (1978). *Manual sobre ganado lechero, Patronato para apoyo de la investigacion pecuaria.* Mexixo D.F.
- Peterson, G. (1998). *El uso eficiente del nitrogeno en siembra directa.* Argentina.: 6° Congreso Nacional AAPRESID.
- Purseglove, J. (1972). *En Cosecha tropical I.* Longman.

Salvador, Z. (2007). En *Guía técnica del sorgo (Sorghum bicolor)*, L. . La libertad.: (Edicion uno, San Andres ed).

Sarasola, A. (1975). En *Fitopatología Fisiogenética*. (págs. Pag. 139, 141-143, 145,146.). Buenos Aires, Argentina. : (Vol. Tomo 4 1° Edicion.). .

Scharrer, K. (1960). En *Química agrícola*. (pág. Pag. 16.). (Vol. Tomo 1) UTEHA.

Steele. (1976). *Introduccion a la botanica de cultivos tropicales*. Longman.: 2° Edicion. .

Tinay, A. (1979). En *Sorghum fermented kisra bread. I. nutritive value of kisra*. (págs. Food. Agric. P. 859-863.).

Vanderlip, R. (1972). *Expansion territorial de sorgo*. Agric. Exp. Stn., Manhattan, Kansas, USA. Agron. J.P.

Waggle, D. (1967). En *Effect of nitrogen fertilization on the amino acid composition y distribution in sorghum grain*. *Crop. Sci.* (págs. Pag. 367-368.).

Walker, A. (1989). *Introduccion a la fisiologia de rendimiento de cultivos*. . Longman Scientific and Technical.

Wall, J. (1970). *Producción y utilización de sorgo*. . AVI, Westport, Conn., USA.

Zumbambo, A. (2005). *Conceptos aplicados de nutrición mineral en ganado lechero*. Costa RiCA.

8. ANEXOS.

Tabla 9. A-1. ANVA general para el diámetro del tallo (cm) en la primera medición.

F de V	L	SC	CM	FC	FT	
					ξ	η
					%	%
Tratamientos		0.0000220416	7.3472	3.9774 *	.29	.42
Bloques		0.0000372083	7.4416	4.0286 *	.90	.56
Error	5	0.0000277083	1.8472			
Total	3	0.00008695832				

Tabla 10.A-2. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la primera medición
15 días post siembra.

ra.	Modalidad de siembra	BI	BII	BIII	BIV	BV	BVI	X
1	S. a chorro seguido	0.0305	0.0320	0.0285	0.0270	0.0305	0.0270	0.0293 ab
2	S. a 10 cm/postura	0.0310	0.0280	0.0290	0.0250	0.0290	0.0280	0.02833 b
3	S. a 15 cm/postura	0.0300	0.0310	0.0270	0.0305	0.0310	0.0280	0.0295 ab

4	S. a 20 cm/postura	0.0320	0.0315	0.0310	0.0305	0.0325	0.0285	0.0310 a
	X	0.0308	0.0306	0.0288	0.0282	0.0307	0.0278	0.0295

Tabla 11. A-3. ANVA general para el diámetro del tallo (cm) en la segunda medición.

F de V	L	SC	CM	FC	FT	
					%	%
Tratamientos		0.0681447916	0.0227149305	12.5791 **	29	42
Bloques		0.0391843749	0.0078368749	4.3399 *	90	56
Error	5	0.0270864583	0.0018057638			
Total		0.134415625				

Tabla 12. A-4. Diámetro promedio del (cm) por tratamientos en la segunda medición 30 días post siembra.

ra.	Modalidad de siembra	BI	BII	BIII	BIV	BV	BVI	X
1	S. a chorro seguido	0.9450	0.8900	0.9200	0.9550	0.9450	1.0250	0.9467 a
2	S. a 10 cm/postura	0.8250	0.8000	0.8250	0.8300	0.8850	0.8950	0.8433 b
3	S. a 15 cm/postura	0.8900	0.9200	0.9200	0.9100	0.9200	1.0700	0.9383 a
T4	S. a 20 cm/postura	0.9150	0.9100	1.0200	0.9800	1.1100	1.0000	0.9891 a
	X	0.8937	0.8800	0.9212	0.9187	0.9650	0.9975	0.9293

Tabla 13. A-5. ANVA general para el diámetro del tallo (cm) en la tercera medición.

F de V	L	SC	CM	FC	FT	
					%	%
Tratamientos		0.3121834479	0.1040611493	33.7678 **	.29	.42
Bloques		0.0157052187	0.0031410437	1.0193 n/s	.90	.56
Error	5	0.0462249895	0.0030816659			
Total		0.3741136562				

Tabla 14. A-6. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la tercera medición 45 días post siembra.

ra.	Modalidad de siembra	BI	BII	BIII	BIV	BV	BVI	X	
	S. a chorro			1	1	1	1	1	1.3
1	seguido	.2950	.2800	.3845	.1850	.3600	.4250	215 b	
2	S. a 10 cm/postura	2200	1.0850	1.0925	1.1250	1.1615	1.1550	1.1398 c	
3	S. a 15 cm/postura	.2150	1.2050	1.2600	1.3050	1.2850	1.3000	1.2616 b	
4	S. a 20 cm/postura	4900	1.4350	1.4650	1.4750	1.4450	1.4300	1.4566 a	
	X	3050	1.2512	1.3005	1.2725	1.3128	1.3275	1.2949	

Tabla 15. A-7. ANVA general para el diámetro del tallo (cm) en la cuarta medición.

F de V	L	SC	CM	FC	FT	
					%	%
Tratamiento		0.1834646145	0.0611548715	22.9241 **	29	.42
Bloques		0.0671254687	0.0134250937	5.0324 **	.90	56
Error	5	0.0400155729	0.0026677048			
Total		0.2906056562				

Tabla 16. A-18. Diámetro del tallo (cm) por tratamientos en la cuarta medición 60 días post siembra.

ra.	Modalidad de siembra	BI	II	BIII	BIV	V	BVI	X
1	S. a chorro seguido	1.2050	.170	1.3150	1.2000	.380	1.3500	1.2700 a
2	S. a 10 cm/postura	1.1850	.150	1.0500	1.1200	.210	1.2750	1.1650 a
3	S. a 15 cm/postura	1.3080	.215	1.2300	1.3375	.320	1.3650	1.2959 a
	S. a 20 cm/postura	1.4000	1.325	1.4300	1.3850	1.410	1.5150	1.4108 a
	X	1.2745	.215	1.2562	1.2606	.330	1.3762	1.2854

Tabla 17. A-9 ANVA general para el diámetro del tallo (cm) en la quinta medición.

F de V	L	SC	CM	FC	FT	
					%	%
Tratamiento		0.066575	0.0221916666	6.3029 **	.29	.42
Bloques		0.0081958333	0.0016391666	0.4655 n/s	.90	.56
Error	5	0.0528125	0.0035208333			
Total	3	0.1275833333				

Tabla 18. A-10. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la quinta medición 75 días post siembra.

ra.	Modalidad de siembra	E	E	E	E	E	E	X
		I	II	III	IV	V	VI	
1	S. a chorro seguido	.355	.390	.365	.285	.260	.435	1.348 a
2	S. a 10 cm/postura	.270	.290	.245	.180	.340	.225	1.258 b

3	S. a 15 cm/postura	1.425	1.270	1.325	1.425	1.365	1.325	1.355 a
4	S. a 20 cm/postura	1.450	1.390	1.430	1.365	1.375	1.415	1.404 a
	X	1.375	1.337	1.342	1.313	1.335	1.350	1.341

Tabla 19. A-11. ANVA general para el diámetro del tallo (cm) en la sexta medición.

F de V	GL	SC	CM	FC	FT	
					%	%
Tratamiento	3	0.0468763333	0.0156254444	7.3269 **	.29	.42
Bloques	5	0.0760125000	0.0152025000	7.1285 **	.90	.56
Error	15	0.031989166	0.0021326111			
Total	23	0.154878				

Tabla 20. A-12. Prueba de Duncan para el diámetro del tallo (cm).

Tratamientos	N	Sub conjuntos	
		1	2
2	6	1.5266	
1	6	1.5650	
3	6	1.5775	
4			1.6488

Tabla 21. A-13. Prueba de Duncan para la altura de la planta (cm).

Tratamientos	1	Sub conjuntos	
		1	2
1	6	2.3909	
2	6	2.3958	
3	6		2.4433
4	6		2.4437

Tabla 22. A-14. ANVA general para la altura de la planta.

F de V	L	SC	CM	FC	FT	
					%	%
Tratamiento		0.000598865	0.00199622	1.1550 n/s	.29	.42
Bloques		0.000771927	0.000154385	0.8936 n/s	.90	.56
Error	5	0.002591448	0.000172763			
Total	3	0.00396224				

Tabla 23. A-15. ANVA general para la altura de la planta (mt) en la tercera medición.

F de V	L	SC	CM	FC	FT	
					%	%
Tratamiento		8.686520042	2.895506681	0.9843 n/s	.29	.42
Bloques		8.686520042	2.770154617	0.9417 n/s	.90	.56
Error	5	44.12403633	2.941602422			
Total		66.66132946				

Tabla 24. A-16. ANVA general para la altura de la planta (mt) en la cuarta medición.

F de V	L	SC	CM	FC	FT	
					%	%
Tratamiento		0.011600865	0.003866955	1.8793 n/s	.29	.42
Bloques		0.009984719	0.001996944	0.9705 n/s	.90	.56
Error	5	73	05	0.0308640	0.0020576	
Total	3			0.0524456		

Tabla 25. A-17. ANVA general para la altura de la planta (mt) en la quinta medición.

F de V	L	SC	CM	FC	FT
					5
					%
Tratamiento		0.007813708	0.002604569	0.9104 n/s	3.29
					.42
Bloques		0.010295833	0.002059167	0.7198 n/s	2.90
					.56
Error	5	0.042910417	0.002860694		
Total	3	0.061019958			

Tabla 26. A-18. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la primera medición post siembra 15 días.

ra.	Modalidad de siembra	BI	BII	BIII	BIV	BV	BVI	X
1	S. a chorro seguido	0.0655	0.0685	0.0705	0.0635	0.0694	0.0670	0.0674 a
2	S. a 10 cm/postura	0.0695	0.0635	0.0685	0.0705	0.0678	0.0700	0.0683 a
3	S. a 15 cm/postura	0.0650	0.1275	0.0645	0.0685	0.0722	0.0715	0.0782 a
4	S. a 20 cm/postura	0.0640	0.0775	0.0830	0.0770	0.0880	0.0755	0.0775 a
	X	0.0660	0.0843	0.0716	0.0699	0.0744	0.0710	0.0729

Tabla 27. A-19. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la tercera medición 45 días post siembra.

ra.	Modalidad de siembra	I	II	III	IV	V	VI	x
1	S. a chorro seguido	1.2088	1.2335	1.2620	1.2600	1.2925	1.3050	1.260 ab
2	S. a 10 cm/postura	1.1995	1.2775	1.2630	1.3065	1.3270	1.2920	1.2776 ab
3	S. a 15 cm/postura	1.2080	1.1960	1.2645	1.2450	1.2520	1.2940	1.2433 b
4	S. a 20 cm/postura	1.2500	1.2070	1.3485	1.3165	1.3225	1.3195	1.2940 a
	x	3.3166	1.2285	1.2845	1.2820	1.2985	1.3026	1.2688

Tabla 28. A- 20. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la cuarta medición 60 días post siembra.

ra.	Modalidad de siembra	BI	BII	BIII	BIV	BV	BVI	x
1	S. a chorro seguido	1.8780	1.8565	1.9300	1.8650	1.8900	1.8975	1.8862 a
2	S. a 10 cm/postura	1.8760	1.9700	1.9300	1.9550	1.9825	1.9210	1.9391 a
	S. a 15	1.9140	1.9125	1.9900	1.8950	1.8700	2.0450	1.9378 a

3	cm/postura							
	S. a 20							
4	cm/postura	1.9245	1.8725	1.9500	1.9375	1.9950	1.9200	1.9333 a
	x	1.8981	1.9029	1.9500	1.9131	1.9344	1.9459	1.9241

Tabla 29. A-21. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la quinta medición 75 días post siembra.

ra.	Modalida d de siembra	Modalida						
		BI	BII	BIII	BIV	BV	BVI	X
1	S. a chorro seguido	2.277	2.295	2.265	2.308	2.325	2.385	2.302 a
2	S. a 10/cm postura	2.298	2.398	2.335	2.396	2.305	2.336	2.345 a
3	S. a 15 cm/postura	2.289	2.378	2.415	2.353	2.325	2.368	2.354 a
4	S. a 20 cm/postura	2.327	2.285	2.375	2.293	2.478	2.348	2.350 a
	X	2.296	2.339	2.348	2.338	2.358	2.359	2.339

Tabla 30. A-22. ANVA general para la altura de planta (mt) en la segunda medición.

F de V	L	SC	CM	FC	FT	
					%	%
Tratamiento		0.005439395	0.001813132	5.2945 *	.29	.42
Bloques		0.007512277	0.001502455	4.3873 *	.90	.56
Error	5	0.005136798	0.000342453			
Total	3	0.01808847				

Tabla 31. A-24. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la segunda medición 30 días post siembra.

ra.	Modalidad de siembra	BI	BII	BIII	BIV	BV	BVI	x
1	S. a chorro seguido	0.320	.380	^c 0.360	0.364	0.385	0.384	0.366 ab
2	S. a 10 cm/postura	0.308	0.332	0.362	.377	^c 0.379	0.374	0.355 b
3	S. a 15 cm/postura	0.365	0.344	0.387	0.354	0.364	0.376	0.365 ab
4	S. a 20 cm/postura	0.350	0.398	0.396	0.396	0.441	0.388	0.395 a
	X	0.336	0.364	0.377	0.373	0.392	0.380	0.370

Tabla 32. A-24. ANVA general para la altura de planta (mt) en la sexta medición.

F de V	L	SC	CM	FC	FT	
					%	%
Tratamiento		0.015173208	0.005057736	3.9349 *	.29	.42
Bloques		0.026337333	0.005267467	4.0981 *	.90	.56
Error	5	0.019279917	0.001285328			
Total	3	0.060790458				

Tabla 33. A-25. ANVA general para el rendimiento en biomasa (ton/ha).

F de V	L	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
Tratamiento		177.321	59.107	2.365 n/s	3.29	5.42
Bloques		1198.395	239.679	9.589 **	2.90	4.56
Error		374.94	24.996			
Total		1750.656				

Tabla 34. A-26 Prueba de Duncan para el rendimiento en biomasa (ton/ha).

Tratamientos	N	Sub conjunto
		1
3	6	57.7317 a
4	6	58.9800 a
1	6	63.5833 a
2	6	63.8500 a

Tabla 35. A-27 ANVA general para el peso de la panoja (lb).

F de V	L	SC	CM	FC	FT	
					5%	1%
Tratamiento		0.0041042500	0.0008208500	4.0032 *	.29	42
Bloques		0.0015067083	0.000502361	2.4500 n/s	.90	.56
Error	5	0.0030756666	0.000205044			
Total	3	0.008686625				

Tabla 36. A-28 Prueba de Duncan para el peso de la panoja (lb).

Tratamientos	n	Sub conjuntos	
		1	2
1	6	0.1861	
2	6	0.1907	0.1907
4	6	0.2000	0.2000
3	6		0.2065

Tabla 37. A- 29 ANVA general para la longitud de la panoja (cm).

F de V	L	SC	CM	FC	FT	
					%	%
Tratamiento		1.9592708333	0.3918541666	0.4774 n/s	.29	.42
Bloques		5.5311458333	1.8437152777	2.2462 n/s	.90	.56
Error		12.3119791666	0.8207986111			
Total	3	19.8023958333				

Tabla 38. A-30 Prueba de Duncan para la longitud de la panoja (cm).

Tratamientos	Sub conjuntos.	
	1	2
1	20.4750	
2	20.9416	20.9416
4	21.3583	21.3583
3		21.7666

Tabla 39. A-31 Valor nutritivo del forraje de las variedades bmr.

Variedad	Fibra acido detergente (%)	Fibra neutra detergente (%)	Digestibilidad in vitro de materia seca		Proteína cruda (%).
			Materia seca (%)	(%)	
CENTA S-2 bmr	29.88	50.25	29	78	6.01
CENTA S-3 bmr	29	55	28	51	8
CENTA S-4 bmr	30	56	28	77	7
CENTA S-5 bmr	36	57	26	66	6

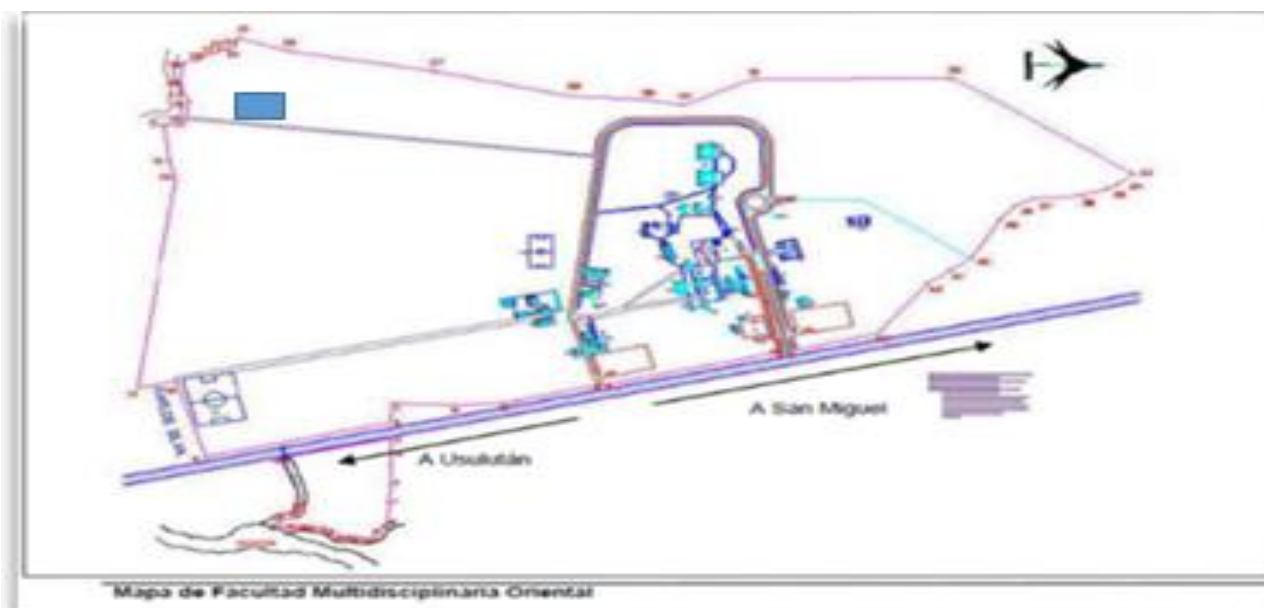


Ilustración 8.A-1 Localización del ensayo.

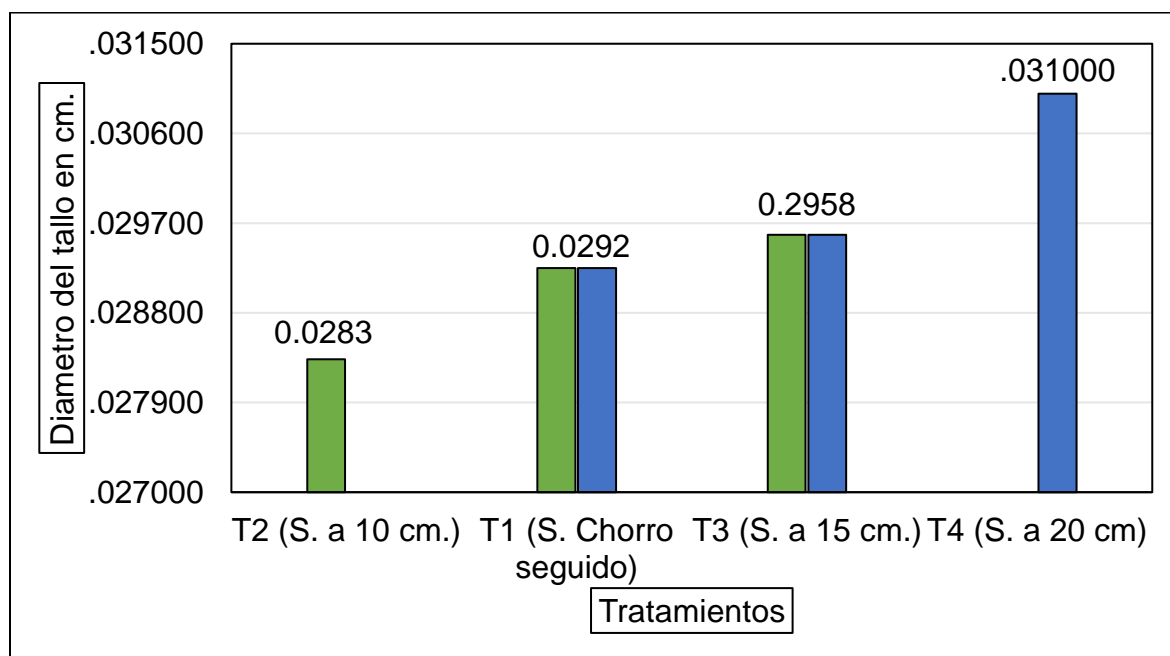


Ilustración 9. A-2 Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la primera medición 15 días post siembra.

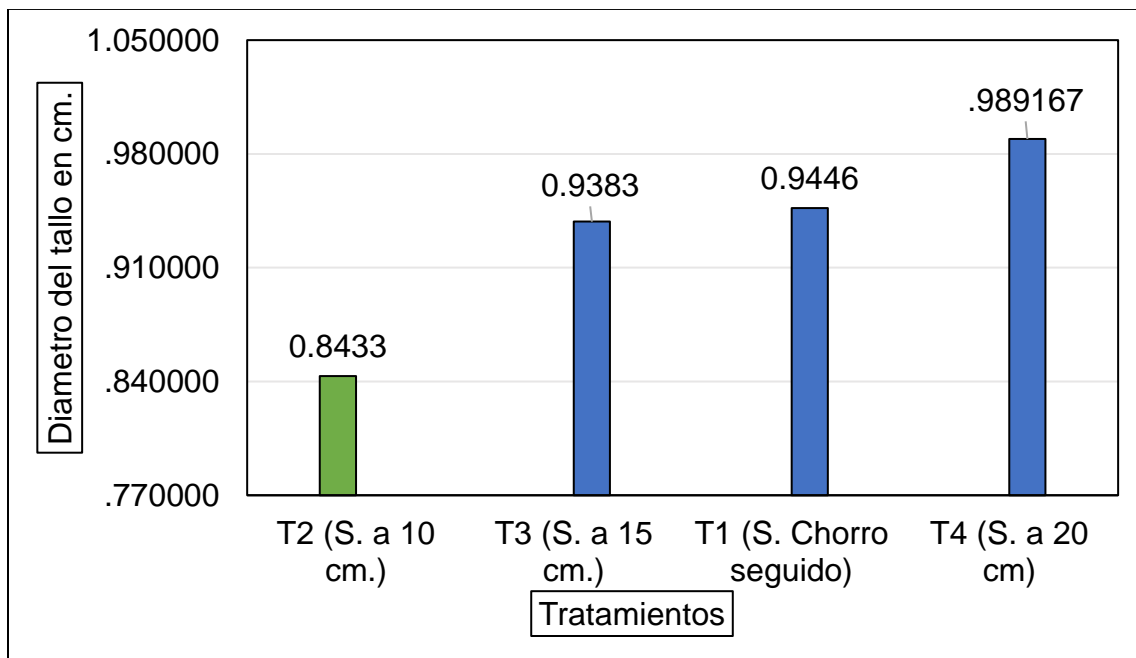


Ilustración 10. A-3. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la segunda medición 30 días post siembra.

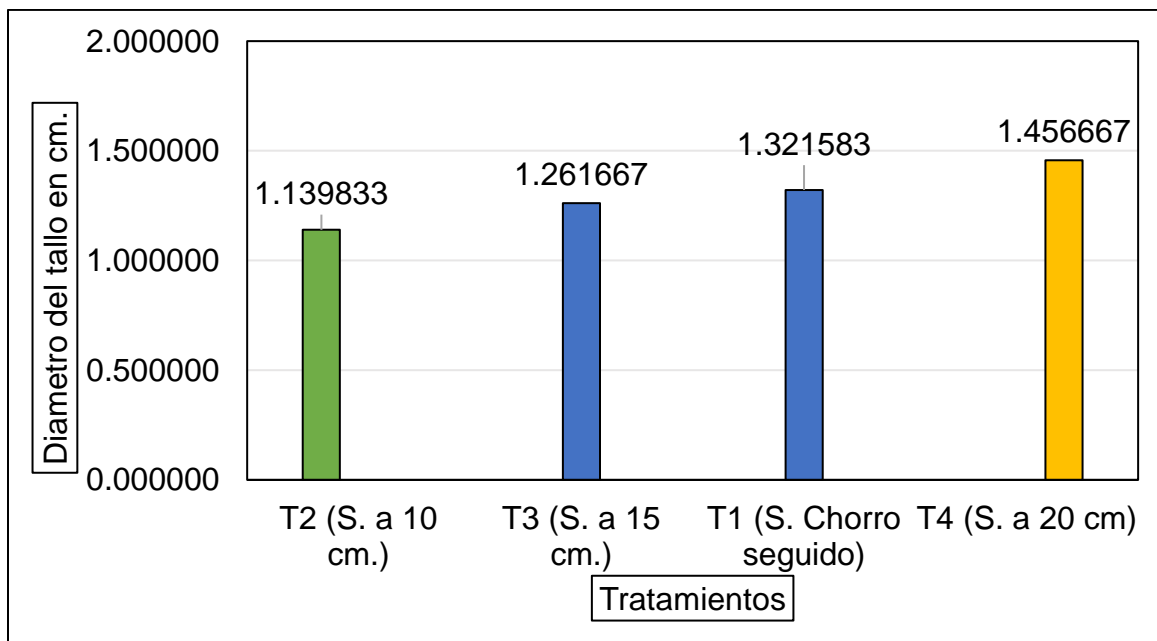


Ilustración 11. A-4. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la tercera medición 45 días post siembra.

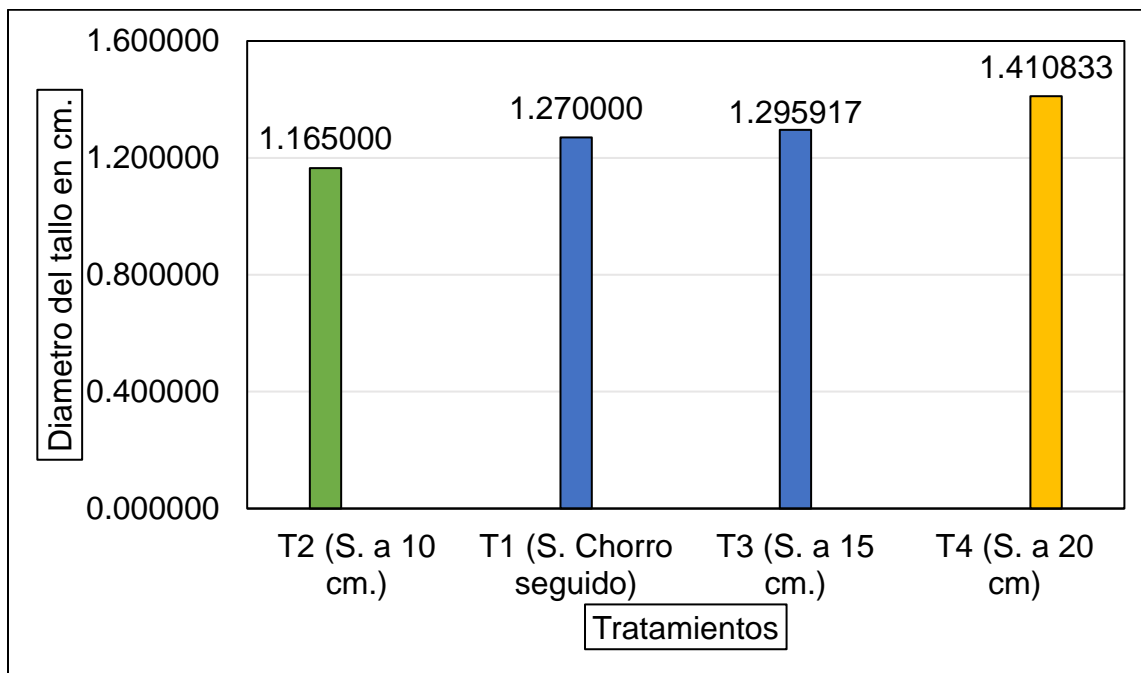


Ilustración 12. A-5. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la cuarta medición 60 días post siembra.

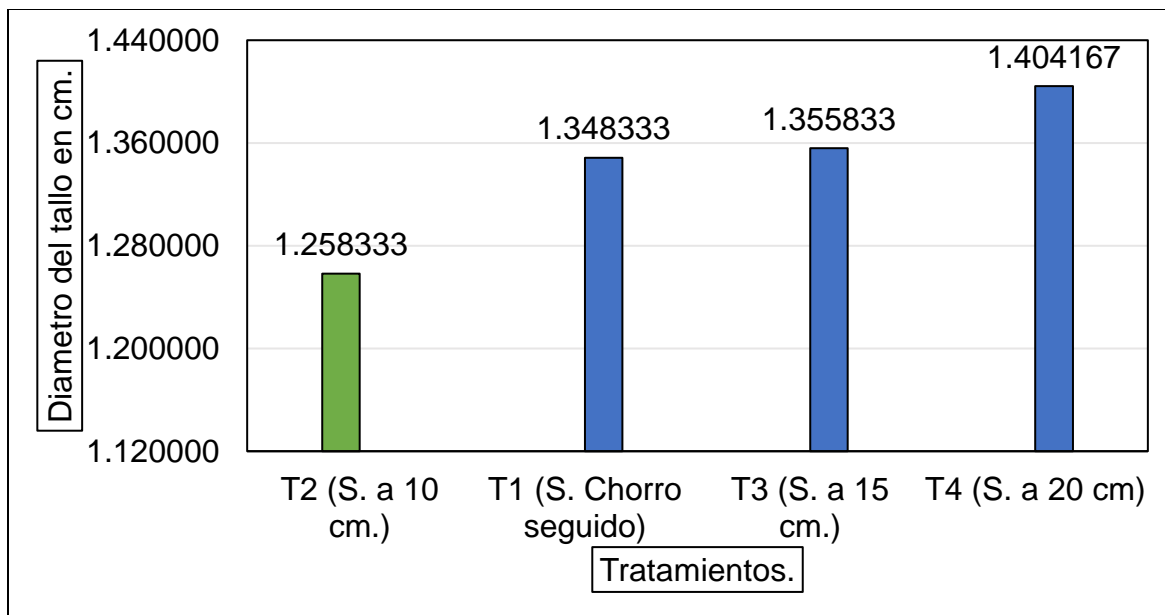


Ilustración 13. A-6. Diámetro promedio del tallo (cm) por tratamientos en la quinta medición 75 días post siembra.

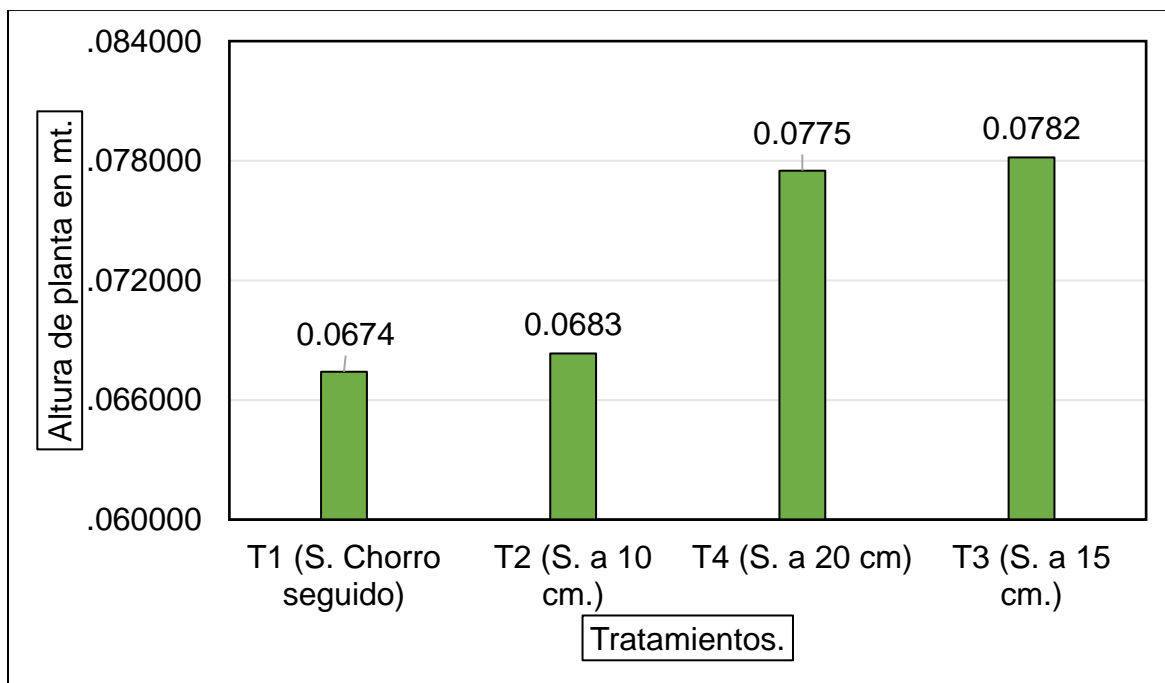


Ilustración 14. A-7. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la primera medición 15 días post siembra.

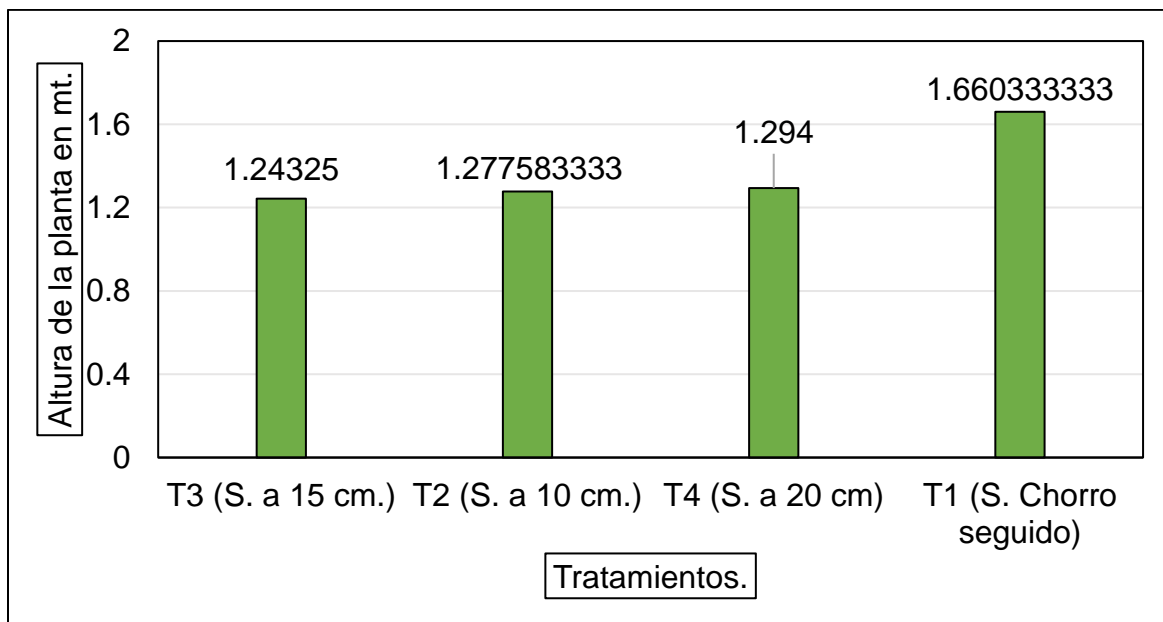


Ilustración 15. A-8. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la tercera medición 45 días post siembra.

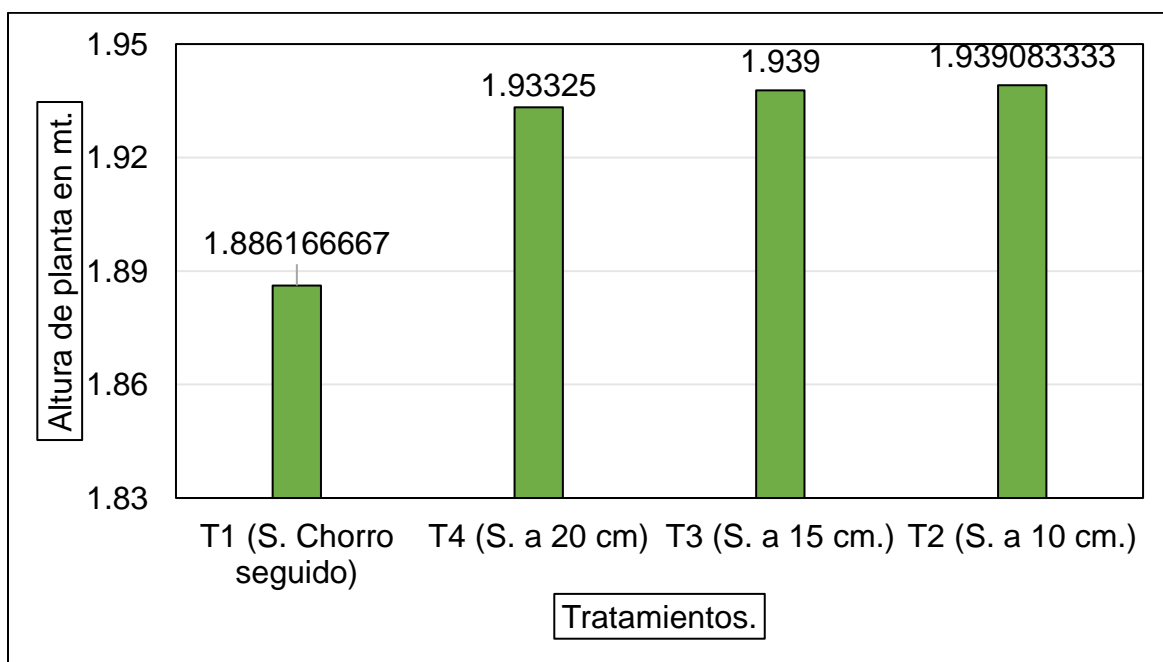


Ilustración 16. A. 9. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la cuarta medición 60 días post siembra.

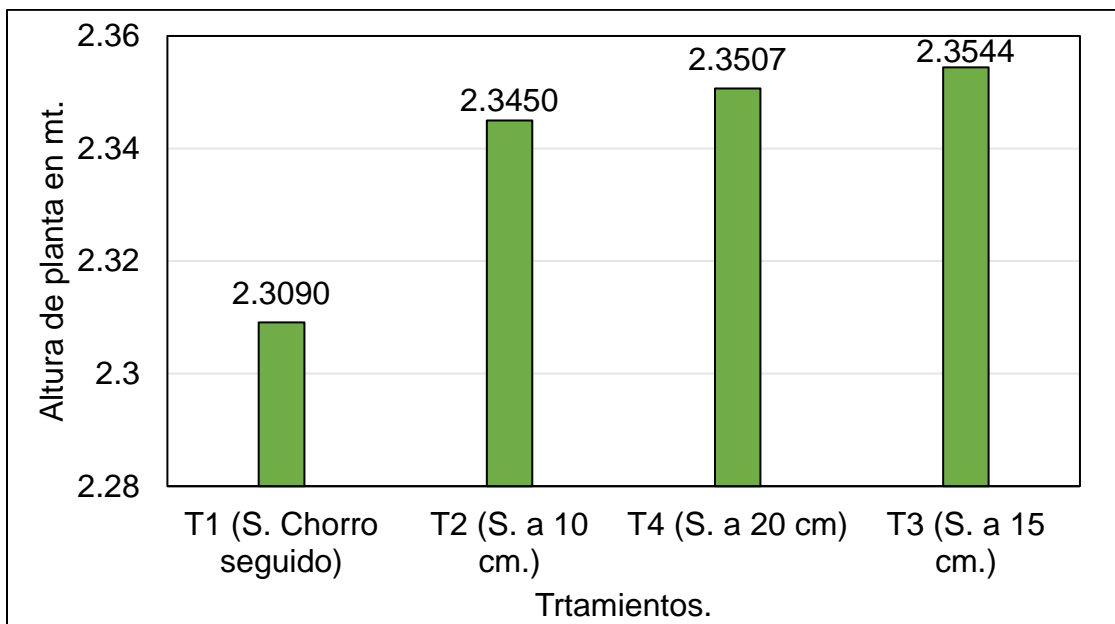


Ilustración 17. A. 10. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la quinta medición 75 días post siembra.

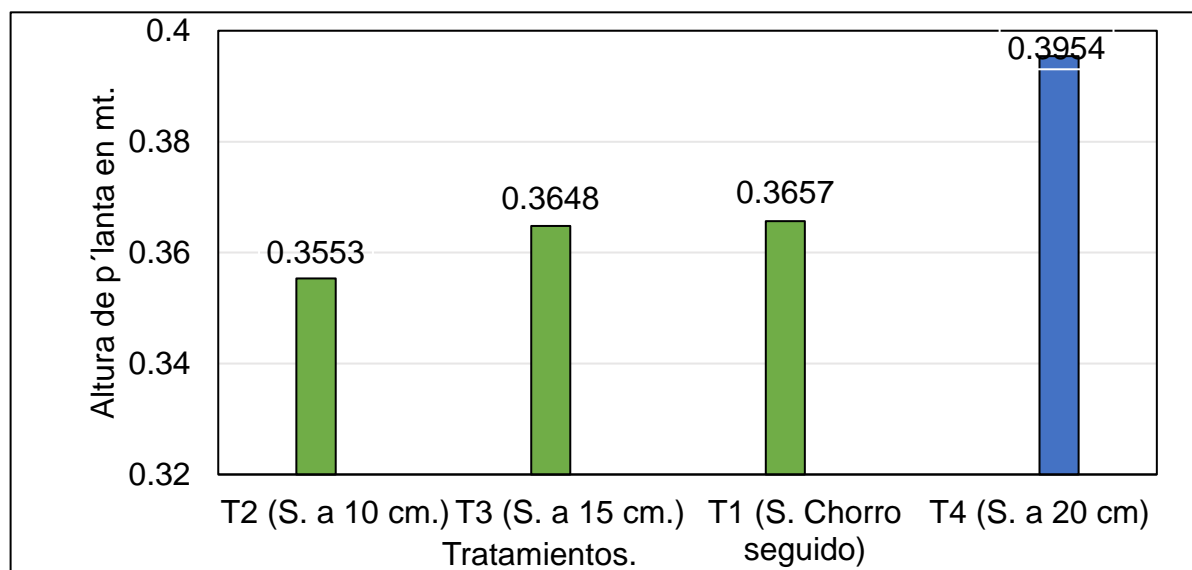


Ilustración 18. A- 11. Altura promedio de la planta (mt) por tratamientos en la segunda medición 30 días post siembra.