

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONOMICAS



“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”.

POR:

AVILÉS LARA, MARVIN GUSTAVO  
GUEVARA BERRIOS, OSCAR OSMIN

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERO AGRONOMO.

SAN MIGUEL

JUNIO DE 2007.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTORA:**

Dr. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ.

**SECRETARIA GENERAL:** LIC. MARTA MARGARITA RIVAS DE RECINOS.

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

**DECANO:**

LIC. MARCELINO MEJÍA GONZALEZ.

**SECRETARIA:**

LIC. LOURDES ELIZABETH PRUDENCIO COREAS.

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

ING. AGR. GERMAN EMILIO CHEVÉZ SARAVIA.

**DOCENTES DIRECTORES:**

ING. AGR. SILVIA EVELYN JURADO DE SOSA.

ING. AGR. M.Sc. HENRRY ALEXI PERLA MENDOZA.

**COORDINADOR DE LOS PROCESOS DE GRADUACIÓN.  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS.**

ING. AGR. M.Sc. JOSÉ ISMAEL GUEVARA ZELAYA

## RESUMEN.

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

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 proporcionará al momento que les sea necesario.

La presente investigación, con el propósito de implementar la agricultura sostenible mediante el uso de variedades de sorgo, tuvo como principal objetivo comparar el rendimiento y calidad nutritiva de tres variedades de sorgo de doble propósito, bajo condiciones de riego por aspersión. Las variedades evaluadas fueron: T1 = CENTA S-2, T2 = CENTA S-3 y T3 = RCV.

Para poder determinar el rendimiento de cada una de las variedades estas fueron cortadas y pesadas del área útil en que se encontraban (4 m<sup>2</sup>), que era el mismo para cada variedad. Para la calidad nutritiva esta fue establecida en base a los análisis bromatológicos que se realizaron a las muestras (1 lb) enviadas al laboratorio de química agrícola de la Universidad de El Salvador, San Salvador.

El experimento se realizó en la parcela la “gandulera” del campo experimental de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria

Oriental, Departamento de Ciencias Agronómicas, ubicada en el cantón El Jute, jurisdicción y departamento de San Miguel.

El ensayo fue realizado en la época seca, durante un período de 158 días, comprendidas desde el 3 de febrero hasta el 11 de julio del año 2006, por lo que se hizo necesaria la aplicación de riego por aspersión.

Las variables en estudio fueron: diámetro de tallo, altura de planta, rendimiento de biomasa y calidad nutritiva (porcentaje de humedad parcial, porcentaje de humedad total, porcentaje de cenizas, porcentaje de proteína cruda, porcentaje de extracto etéreo, porcentaje de fibra cruda y porcentaje de carbohidratos).

La evaluación estadística se realizó mediante un diseño de bloques completamente al azar, con seis repeticiones y tres tratamientos. Como parte de los análisis de varianza; se aplicó la prueba estadística de Tukey, demostrando que el mejor tratamiento para el diámetro de tallo fue el T3 (1.71 cm), para la altura el mejor fue el T1 (3.171 m), para rendimiento de biomasa el mejor tratamiento fue el T1 (123 541.70 kg/ha), para el componente humedad parcial fue T3 (77.316 %), la humedad total fue no significativa al igual que fibra cruda y extracto etéreo, para el componente proteína cruda el tratamiento que mejor se mostró fue el T3 (12.433 %), para cenizas los mejores tratamientos fueron T1 (8.356 %) y T3 (9.043 %), finalmente el componente porcentaje de carbohidratos obtuvo como mejores tratamientos a T1 (59.387 %) y T2 (58.362 %).

## **AGRADECIMIENTO.**

De manera muy especial a nuestros asesores Ing. Silvia Evelyn Jurado de Sosa e Ing. Henry Alexis Perla Mendoza, 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. German Emilio Chevéz Saravia, Ing. Juan Mármol Canjura, Ing. Marco Vinicio Calderón, Ing. Nery Saúl Guevara, Ing. Jaime Santos Rodas, Ing. Noé Alcides Díaz, Ing. Ana Aurora Benítez Parada por brindarnos todos los conocimientos que fueron determinantes para llevar a cabo la investigación.

Especialmente al Ing. Marco Evelio Claros Álvarez por la colaboración durante el establecimiento del cultivo, las recomendaciones, toma de datos y aportes a nuestro trabajo.

Al Ing. Rene Padilla, técnico del CENTA por brindarnos aportes importantes.

A Don Mane, Arturo, Leno, Mano Oscar y demás trabajadores que fueron participes en nuestro ensayo.

A los señores Técnicos (Ing. Rene Padilla) del CENTA por colaborarnos en proporcionar la semilla certificada para la realización del ensayo.

## **DEDICATORIA.**

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

A mis padres Oscar Armando Avilés Hernández y María Rosa Elena Márquez de Avilés 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 Papa Moncho que ha sido como mi segundo padre y que me ha apoyado tanto y brindado amor.

A mis hermanos Wanderley Ramón y Oscar Armando por apoyarme siempre.

A mi hermanita (sobrinita), Yolandita que la adoro con todo mi corazón y que le agradezco por existir en nuestras vidas.

A mi novia Erika Jackelline Díaz Laínez por darme todo su amor, comprensión, ayuda y sobre todo por su apoyo incondicional y encaminarme por el buen camino.

A mi tía Yolanda de Ramírez por su apoyo y cariño y sobre todo por toda la ayuda que nos ha brindado.

A mi tío Manuel Avilés por haberme ayudado en las labores del cultivo.

Marvin Gustavo Avilés Lara.

Al señor Jesucristo por haberme iluminado para poder culminar mi carrera.

Les agradezco a mis padres José Ángel Berrios y Francisca Guevara por ayudarme en todas las etapas de mi vida y apoyarme para salir adelante con mi carrera universitaria.

A mis hermanas Alma Corina Guevara Berrios y Ana Argelia Guevara Berrios por darme ánimos de seguir adelante estudiando.

A mi tía Maria Pastora Guevara por sus consejos y también por darme ánimos en momentos difíciles.

Oscar Osmin Guevara Berrios.

## INDICE.

|  | <b>Página.</b> |
|--|----------------|
| RESUMEN.....   | iv             |
| AGRADECIMIENTO.....  | vi             |
| DEDICATORIA.....   | vii            |
| <br>   |                |
| INDICE DE CUADROS.....   | xvii           |
| INDICE DE FIGURAS.....   | xxvi           |
| <br>   |                |
| 1. INTRODUCCION.....   | 1              |
| 2. REVISION DE LITERATURA.....   | 3              |
| 2.1. Origen histórico del sorgo.....   | 3              |
| 2.2. Importancia del cultivo de sorgo.....   | 3              |
| 2.3. Clasificación taxonómica del sorgo.....   | 4              |
| 2.4. Características agronómicas de las variedades CENTA S-2,<br>CENTA S-3, RCV y su origen..... | 5              |
| 2.4.1. Características de la variedad CENTA S-2.....   | 5              |
| 2.4.1.1. Origen de la variedad CENTA S-2.....  | 6              |
| 2.4.2. Características de la variedad CENTA S-3.....   | 7              |
| 2.4.2.1. Origen de la variedad CENTA S-3.....  | 7              |
| 2.4.3. Características de la variedad RCV.....   | 7              |
| 2.4.3.1. Origen de la variedad RCV.....  | 8              |
| 2.5. Anatomía y morfología.....  | 9              |
| 2.5.1. Órganos vegetativos.....  | 9              |
| 2.5.1.1. Tallo.....  | 9              |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| 2.5.1.2.   | Pedúnculo.....  | 10 |
| 2.5.1.3.   | Hoja.....   | 10 |
| 2.5.1.4.   | Vaina de la hoja.....   | 11 |
| 2.5.1.5.   | Raíz.....   | 11 |
| 2.5.2.     | Órganos reproductivos.....  | 12 |
| 2.5.2.1.   | Inflorescencia.....   | 12 |
| 2.5.2.1.1. | Espiguillas pediceladas.....  | 12 |
| 2.5.2.1.2. | Espiguillas sésiles.....  | 13 |
| 2.6.       | Etapas fenológicas del sorgo.....   | 13 |
| 2.6.1.     | Etapas de crecimiento 1- EC1.....   | 14 |
| 2.6.1.1.   | Fase de imbibición.....   | 14 |
| 2.6.1.2.   | Fase de emergencia de la radícula y hoja en<br>la punta del coleóptilo..... | 15 |
| 2.6.1.3.   | Fase de emergencia.....   | 16 |
| 2.6.1.4.   | Fase de crecimiento temprano de las hojas y<br>el tallo.....                | 16 |
| 2.6.2.     | Etapas de crecimiento 2 - EC2.....  | 17 |
| 2.6.2.1.   | Antesis (floración).....  | 21 |
| 2.6.3.     | Etapas de crecimiento 3 – EC3.....  | 22 |
| 2.6.3.1.   | Polinización y fertilización.....   | 22 |
| 2.6.3.2.   | Desarrollo y maduración del grano.....                                      | 23 |
| 2.7.       | Requerimientos de clima y suelo.....  | 26 |
| 2.7.1.     | Clima requerido.....  | 26 |
| 2.7.1.1.   | Altura.....   | 26 |
| 2.7.1.2.   | Temperatura.....  | 26 |
| 2.7.1.3.   | Fotoperíodo.....  | 28 |
| 2.7.1.4.   | Precipitación.....  | 28 |

|   |    |
|---|----|
| 2.7.2. Suelo requerido.....                         | 29 |
| 2.8. Labores culturales.....                        | 29 |
| 2.8.1. Preparación de suelo.....                    | 29 |
| 2.8.1.1. Sub-suelo.....                             | 29 |
| 2.8.1.2. Arado.....                                 | 30 |
| 2.8.1.3. Rastreo.....                               | 30 |
| 2.8.2. Época de siembra.....                        | 31 |
| 2.8.2.1. Primera.....                               | 31 |
| 2.8.2.2. Postrera.....                              | 31 |
| 2.8.2.3. Bajo riego.....                            | 31 |
| 2.8.3. Semilla.....                                 | 31 |
| 2.8.4. Distanciamiento de siembra.....              | 32 |
| 2.8.5. Siembra.....                                 | 32 |
| 2.8.6. Raleo.....                                   | 33 |
| 2.8.7. Aporco.....                                  | 33 |
| 2.8.8. Fertilización.....                           | 33 |
| 2.8.9. Plagas y enfermedades.....                   | 34 |
| 2.8.9.1. Plagas.....                                | 34 |
| 2.8.9.1.1. Plagas de suelo.....                     | 35 |
| 2.8.9.1.2. Plagas del follaje y panoja.....         | 35 |
| 2.8.9.1.2.1. Pájaros.....                           | 36 |
| 2.8.9.2. Enfermedades.....                          | 36 |
| 2.8.10. Control de malezas.....                     | 37 |
| 2.8.11. Cosecha.....                                | 38 |
| 2.8.12. Rendimiento de biomasa.....                 | 38 |
| 2.8.13. Calidad nutritiva del forraje de sorgo..... | 40 |

|  |    |
|--|----|
| 2.8.13.1. Proteína.....  | 43 |
| 2.8.13.2. Carbohidratos.....   | 44 |
| 2.8.13.3. Minerales o cenizas.....                                   | 47 |
| 2.8.14. Riego por aspersión.....                                     | 48 |
| 3. MATERIALES Y METODOS.....   | 51 |
| 3.1. Generalidades de la investigación.....                          | 51 |
| 3.1.1. Localización geográfica.....                                  | 51 |
| 3.1.2. Características del lugar.....                                | 51 |
| 3.1.2.1. Características climáticas del lugar.....                   | 51 |
| 3.1.2.2. Características edáficas.....                               | 51 |
| 3.1.3. Factores biológicos.....                                      | 52 |
| 3.1.3.1. Flora.....  | 52 |
| 3.1.3.1.1. Vegetación arbórea.....                                   | 52 |
| 3.1.3.1.2. Vegetación herbácea.....                                  | 52 |
| 3.1.3.2. Fauna.....  | 53 |
| 3.1.4. Duración del estudio.....                                     | 53 |
| 3.1.5. Metodología de campo.....                                     | 53 |
| 3.1.5.1. Reconocimiento y delimitación del área<br>experimental..... | 53 |
| 3.1.5.1.1. Muestreo y análisis químico del suelo....                 | 53 |
| 3.1.5.1.2. Preparación de suelo.....                                 | 54 |
| 3.1.5.2. Fase experimental.....                                      | 54 |
| 3.1.5.2.1. Labores culturales.....                                   | 55 |
| 3.1.5.2.1.1. Siembra.....  | 55 |
| 3.1.5.2.1.2. Primera aplicación de<br>fertilizante químico.....      | 55 |

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| 3.1.5.2.1.3. | Segunda aplicación.....                  | 55 |
| 3.1.5.2.1.4. | Tercera aplicación.....                  | 56 |
| 3.1.5.2.1.5. | Control de malezas.....                  | 56 |
| 3.1.5.2.1.6. | Riego.....                               | 56 |
| 3.1.5.2.1.7. | Aporco.....                              | 60 |
| 3.1.5.2.1.8. | Control de plagas y<br>enfermedades..... | 60 |
| 3.1.6.       | Metodología estadística.....             | 61 |
| 3.1.6.1.     | Diseño estadístico.....                  | 61 |
| 3.1.6.2.     | Modelo estadístico.....                  | 61 |
| 3.1.6.3.     | Factores dentro de los tratamientos..... | 62 |
| 3.1.7.       | Toma de datos.....                       | 62 |
| 3.1.7.1.     | Diámetro de planta (cm).....             | 62 |
| 3.1.7.2.     | Altura de planta (m).....                | 63 |
| 3.1.7.3.     | Rendimiento de biomasa (kg/ha).....      | 63 |
| 3.1.7.4.     | Calidad nutritiva.....                   | 64 |
| 3.1.7.4.1.   | Determinación de % de humedad            |    |
|              | Parcial.....                             | 64 |
| 3.1.7.4.1.1. | Fundamento.....                          | 64 |
| 3.1.7.4.1.2. | Equipo.....                              | 64 |
| 3.1.7.4.1.3. | Materiales.....                          | 64 |
| 3.1.7.4.1.4. | Procedimiento.....                       | 65 |
| 3.1.7.4.1.5. | Cálculos.....                            | 65 |
| 3.1.7.4.2.   | Determinación de % de humedad total...   | 65 |

|   |    |
|---|----|
| 3.1.7.4.2.1. Fundamento.....  | 65 |
| 3.1.7.4.2.2. Equipo.....  | 66 |
| 3.1.7.4.2.3. Materiales.....  | 66 |
| 3.1.7.4.2.4. Procedimiento.....   | 66 |
| 3.1.7.4.2.5. Cálculos.....  | 66 |
| 3.1.7.4.3. Determinación de % de cenizas.....   | 67 |
| 3.1.7.4.3.1. Fundamento.....  | 67 |
| 3.1.7.4.3.2. Equipo.....  | 67 |
| 3.1.7.4.3.3. Materiales.....  | 67 |
| 3.1.7.4.3.4. Procedimiento.....   | 67 |
| 3.1.7.4.3.5. Cálculos.....  | 67 |
| 3.1.7.4.4. Determinación de nitrógeno por el<br>método de microkjeldahl (% proteína)... | 68 |
| 3.1.7.4.4.1. Fundamento.....  | 68 |
| 3.1.7.4.4.2. Equipo.....  | 68 |
| 3.1.7.4.4.3. Materiales.....  | 69 |
| 3.1.7.4.4.4. Reactivos.....   | 69 |
| 3.1.7.4.4.5. Procedimiento.....   | 70 |
| 3.1.7.4.4.6. Cálculos.....  | 70 |
| 3.1.7.4.5. Determinación de extracto etéreo por el<br>método de soxhlet (% grasa).....  | 71 |
| 3.1.7.4.5.1. Fundamento.....  | 71 |

|   |     |
|---|-----|
| 3.1.7.4.5.2. Equipo.....  | 71  |
| 3.1.7.4.5.3. Materiales.....  | 71  |
| 3.1.7.4.5.4. Reactivos.....   | 72  |
| 3.1.7.4.5.5. Procedimiento.....   | 72  |
| 3.1.7.4.5.6. Cálculos.....  | 72  |
| 3.1.7.4.6. Determinación de % de fibra cruda.....                       | 73  |
| 3.1.7.4.6.1. Principio del método.....                                  | 73  |
| 3.1.7.4.6.2. Equipo.....  | 73  |
| 3.1.7.4.6.3. Materiales.....  | 73  |
| 3.1.7.4.6.4. Reactivos.....   | 74  |
| 3.1.7.4.6.5. Procedimiento.....   | 75  |
| 3.1.7.4.6.6. Cálculos.....  | 76  |
| 3.1.7.4.7. Determinación de % de carbohidratos ó<br>E.N.N. ó E.L.N..... | 76  |
| 4. RESULTADOS Y DISCUCIÓN.....  | 77  |
| 4.1. Diámetro de tallo (cm).....  | 77  |
| 4.1.1. Tratamiento.....   | 77  |
| 4.2. Altura de planta (m).....  | 91  |
| 4.2.1. Tratamiento.....   | 91  |
| 4.3. Rendimiento de biomasa (kg/ha).....                                | 105 |
| 4.3.1. Tratamiento.....   | 105 |
| 4.4. Humedad parcial (%).....   | 109 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.4.1. Tratamiento.....                           | 109 |
| 4.5. Humedad total (%).....                       | 112 |
| 4.5.1. Tratamiento.....                           | 112 |
| 4.6. Cenizas (%).....                             | 114 |
| 4.6.1. Tratamiento.....                           | 114 |
| 4.7. Proteína cruda (%).....                      | 117 |
| 4.7.1. Tratamiento.....                           | 117 |
| 4.8. Extracto etéreo (%).....                     | 120 |
| 4.8.1. Tratamiento.....                           | 120 |
| 4.9. Fibra cruda (%).....                         | 122 |
| 4.9.1. Tratamiento.....                           | 123 |
| 4.10. Carbohidratos (%).....                      | 125 |
| 4.10.1. Tratamiento.....                          | 125 |
| 4.11. Análisis económico de los tratamientos..... | 128 |
| 5. CONCLUSIONES.....                              | 131 |
| 6. RECOMENDACIONES.....                           | 133 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA.....                              | 135 |
| ANEXOS.....                                       | 147 |

## INDICE DE CUADROS.

| <b>Cuadro</b>   | <b>Página.</b> |
|---|----------------|
| 1. Plagas del suelo.....  | 35             |
| 2. Plagas del follaje y panoja.....   | 36             |
| 3. Diámetro promedio de tallos (cm) por tratamiento en las<br>diferentes mediciones post-siembra (15, 30, 45, 60, 75 y 90 días).... | 78             |
| 4. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamiento a los 15 días<br>post-siembra.....   | 80             |
| 5. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamiento a los 30 días<br>post-siembra.....   | 82             |
| 6. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamiento a los 45 días<br>post-siembra.....   | 84             |
| 7. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamiento a los 60 días<br>post-siembra.....   | 86             |
| 8. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamiento a los 75 días<br>post-siembra.....   | 88             |

|   |     |
|---|-----|
| 9. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamiento a los<br>90 días post-siembra.....   | 88  |
| 10. Altura promedio de plantas (m) por tratamiento en las<br>diferentes mediciones post-siembra (15, 30, 45, 60, 75 y 90 días)... | 92  |
| 11. Altura promedio de planta (m) por tratamiento a los<br>15 días post-siembra.....  | 94  |
| 12. Altura promedio de planta (m) por tratamiento a los<br>30 días post-siembra.....  | 96  |
| 13. Altura promedio de planta (m) por tratamiento a los<br>45 días post-siembra.....  | 98  |
| 14. Altura promedio de planta (m) por tratamiento a los<br>60 días post-siembra.....  | 100 |
| 15. Altura promedio de planta (m) por tratamiento a los<br>75 días post-siembra.....  | 102 |
| 16. Altura promedio de planta (m) por tratamiento a los<br>90 días post-siembra.....  | 102 |
| 17. Rendimiento de biomasa promedio (kg/ha).....  | 106 |

|  |     |
|--|-----|
| 18. Humedad parcial promedio (%).....  | 110 |
| 19. Humedad total promedio (%).....  | 112 |
| 20. Promedio de cenizas (%).....   | 115 |
| 21. Promedio de proteína cruda (%).....  | 118 |
| 22. Promedio de extracto etéreo (%).....   | 120 |
| 23. Promedio de fibra cruda (%).....   | 123 |
| 24. Promedio de carbohidratos (%).....   | 126 |
| 25. Relación Beneficio/Costo (B/C) por tratamiento.....                                      | 130 |
| 26. Resultados de análisis bromatológico.....  | 213 |
| A-1. Diámetro promedio de plantas (cm) en la primera medición<br>(15 días post-siembra)..... | 148 |
| A-2. Diámetro promedio de plantas (cm) en la segunda medición<br>(30 días post-siembra)..... | 149 |
| A-3. Diámetro promedio de plantas (cm) en la tercera medición<br>(45 días post-siembra)..... | 150 |

|  |     |
|--|-----|
| A-4. Diámetro promedio de plantas (cm) en la cuarta medición<br>(60 días post-siembra).....          | 151 |
| A-5. Diámetro promedio de plantas (cm) en la quinta medición<br>(75 días post-siembra).....          | 152 |
| A-6. Diámetro promedio de tallo (cm) en la sexta medición<br>(90 días post-siembra).....             | 153 |
| A-7. ANVA general para la primera medición de diámetro de<br>tallo (cm) (15 días post-siembra).....  | 154 |
| A-8. ANVA general para la segunda medición de diámetro de<br>tallo (cm) (30 días post- siembra)..... | 155 |
| A-9. ANVA general para la tercera medición de diámetro de<br>tallo (cm) (45 días post- siembra)..... | 156 |
| A-10. ANVA general para la cuarta medición de diámetro de<br>tallo (cm) (60 días post- siembra)..... | 157 |
| A-11. ANVA general para la quinta medición de diámetro de<br>tallo (cm) (75 días post-siembra).....  | 158 |
| A-12. ANVA general para la sexta medición de diámetro de<br>tallo (cm) (90 días post-siembra).....   | 159 |

|  |     |
|--|-----|
| A-13. Prueba de tukey para tratamientos en primera medición<br>(15 días post-siembra) de diámetro de tallo (cm).....   | 160 |
| A-14. Prueba de tukey para tratamientos en tercera medición<br>(45 días post-siembra) de diámetro de tallo (cm).....   | 161 |
| A-15. Prueba de tukey para tratamientos en la cuarta medición<br>(60 días post-siembra) de diámetro de tallo (cm)..... | 162 |
| A-16. Prueba de tukey para tratamientos en la quinta medición<br>(75 días post-siembra) de diámetro de tallo (cm)..... | 163 |
| A-17. Prueba de tukey para tratamientos en la sexta medición<br>(90 días post-siembra) de diámetro de tallo (cm).....  | 164 |
| A-18. Altura de planta promedio (m) en la primera medición<br>(15 días post-siembra).....                              | 165 |
| A-19. Altura de planta promedio (m) en la segunda medición<br>(30 días post-siembra).....                              | 166 |
| A-20. Altura de planta promedio (m) en la tercera medición<br>(45 días post-siembra).....                              | 167 |
| A-21. Altura de planta promedio (m) en la cuarta medición<br>(60 días post-siembra).....                               | 168 |

|   |     |
|---|-----|
| A-22. Altura de planta promedio (m) en la quinta medición<br>(75 días post-siembra).....                              | 169 |
| A-23. Altura de planta promedio (m) en la sexta medición<br>(90 días post-siembra).....                               | 170 |
| A-24. ANVA general para la primera medición de altura de<br>planta (m) (15 días post-siembra).....                    | 171 |
| A-25. ANVA general para la segunda medición de altura de<br>planta (m) (30 días post-siembra).....                    | 172 |
| A-26. ANVA general para la tercera medición de altura de<br>planta (m) (45 días post-siembra).....                    | 173 |
| A-27. ANVA general para la cuarta medición de altura de<br>planta (m) (60 días post-siembra).....                     | 174 |
| A-28. ANVA general para la quinta medición de altura de<br>planta (m) (75 días post-siembra).....                     | 175 |
| A-29. ANVA general para la sexta medición de altura de<br>planta (m) (90 días post-siembra).....                      | 176 |
| A-30. Prueba de tukey para tratamientos en la segunda medición<br>(30 días post-siembra) de altura de planta (m)..... | 177 |

|   |     |
|---|-----|
| A-31. Prueba de tukey para tratamientos en la tercera medición<br>(45 días post-siembra) de altura de planta (m)..... | 178 |
| A-32. Prueba de tukey para tratamientos en la cuarta medición<br>(60 días post-siembra) de altura de planta (m).....  | 179 |
| A-33. Prueba de tukey para tratamientos en la quinta medición<br>(75 días post-siembra) de altura de planta (m).....  | 180 |
| A-34. Prueba de tukey para tratamientos en la quinta medición<br>(90 días post-siembra) de altura de planta (m).....  | 181 |
| A-35. Promedio de rendimiento de biomasa (kg/ha).....   | 182 |
| A-36. ANVA general para el rendimiento de biomasa (kg/ha).....  | 183 |
| A-37. Prueba de tuckey para el rendimiento de biomasa (kg/ha).....  | 184 |
| A-38. Porcentaje promedio de humedad parcial (%).....   | 185 |
| A-39. ANVA general para humedad parcial (%).....  | 186 |
| A-40. Prueba de tukey para humedad parcial (%).....   | 187 |
| A-41. Porcentaje promedio de humedad total (%).....   | 188 |
| A-42. ANVA general para la variable humedad total (%).....  | 189 |

|  |     |
|--|-----|
| A-43. Porcentaje promedio de cenizas (%).....                  | 190 |
| A-44. ANVA general para la variable cenizas (%).....           | 191 |
| A-45. Prueba de tukey para la variable cenizas (%).....        | 192 |
| A-46. Porcentaje promedio de proteína cruda (%).....           | 193 |
| A-47. ANVA general para la variable proteína cruda (%).....    | 194 |
| A-48. Prueba de tukey para la variable proteína cruda (%)..... | 195 |
| A-49. Porcentaje promedio para de extracto etéreo (%).....     | 196 |
| A-50. ANVA general para la variable extracto etéreo (%).....   | 197 |
| A-51. Porcentaje promedio de fibra cruda (%).....              | 198 |
| A-52. ANVA general para la variable fibra cruda (%).....       | 199 |
| A-53. Porcentaje promedio de carbohidratos (%).....            | 200 |
| A-54. ANVA general para la variable carbohidratos (%).....     | 201 |
| A-55. Prueba de tukey para la variable carbohidratos (%).....  | 202 |
| A-56. Resultados de análisis de suelo.....                     | 205 |

|   |     |
|---|-----|
| A-57. Metodología de análisis de suelos.....  | 206 |
| A-58. Costo de producción por ha. de T1.....  | 207 |
| A-59. Costo de producción por ha. de T2.....  | 208 |
| A-60. Costo de producción por ha. de T3.....  | 209 |
| A-61. Producción de materia seca, (porcentaje), (kg/ha), proteína<br>cruda en kg/ha y carbohidratos en kg/ha..... | 210 |
| A-62. Opinión de Ing. René Clará Valencia sobre los resultados<br>de tesis.....                                   | 211 |

## INDICE DE FIGURAS.

| <b>Figura</b>  | <b>Página.</b> |
|--|----------------|
| 1. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamiento post-siembra 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días.....      | 79             |
| 2. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamientos en la primera medición (15 días post-siembra)..... | 81             |
| 3. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamientos en la segunda medición (30 días post-siembra)..... | 83             |
| 4. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamientos en la tercera medición (45 días post-siembra)..... | 85             |
| 5. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamientos en la cuarta medición (60 días post-siembra).....  | 87             |
| 6. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamientos en la quinta medición (75 días post-siembra).....  | 89             |
| 7. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamientos en la sexta medición (90 días post-siembra).....   | 90             |
| 8. Altura promedio de plantas (m) por tratamiento post-siembra 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días.....       | 93             |

|   |     |
|---|-----|
| 9. Altura promedio de planta (m) por tratamientos en la primera medición (15 días post-siembra).....  | 95  |
| 10. Altura promedio de planta (m) por tratamientos en la segunda medición (30 días post-siembra)..... | 97  |
| 11. Altura promedio de planta (m) por tratamientos en la tercera medición (45 días post-siembra)..... | 99  |
| 12. Altura promedio de planta (m) por tratamientos en la cuarta medición (60 días post-siembra).....  | 101 |
| 13. Altura promedio de planta (m) por tratamientos en la quinta medición (75 días post-siembra).....  | 103 |
| 14. Altura promedio de planta (m) por tratamientos en la sexta medición (90 días post-siembra).....   | 104 |
| 15. Rendimiento promedio de biomasa (kg/ha).....  | 107 |
| 16. Porcentaje de humedad parcial (%).....  | 111 |
| 17. Porcentaje de humedad total (%).....  | 113 |
| 18. Porcentaje de cenizas (%).....  | 116 |
| 19. Porcentaje de proteína cruda (%).....   | 119 |

|   |     |
|---|-----|
| 20. Porcentaje de extracto etéreo (%).....  | 121 |
| 21. Porcentaje de fibra cruda (%).....  | 124 |
| 22. Porcentaje de carbohidratos (%).....  | 127 |
| A-1. Distribución de los tratamientos y dimensiones del área<br>Experimental..... | 203 |
| A-2. Dimensiones del área útil.....   | 204 |
| A-3. Mapa de la Facultad Multidisciplinaria Oriental.....                         | 214 |

# 1. INTRODUCCIÓN.

En El Salvador uno de los mayores problemas que afrontan las explotaciones ganaderas es, que para satisfacer las necesidades de alimentación los ganaderos emplean el cultivo de sorgo. Generalmente quienes utilizan este cultivo como fuente de alimento, desconocen las características necesarias para tal fin; como alto rendimiento de materia verde y calidad del mismo en diferentes variedades, lo que en muchas ocasiones se traduce en una disminución de los rendimientos de leche y carne, por ende el incremento en los costos de producción.

Implementar el cultivo de sorgo para la producción de forraje, es de importancia económica para los ganaderos del país, específicamente en la zona oriental, pues conocer las bondades de las variedades nos permite decidir si podemos aumentar la carga animal por área de suelo, al mismo tiempo mejorar la productividad y la producción de leche y carne con la calidad de forraje producido y además, nos permite establecer silos para reserva de alimento en época seca.

En la presente investigación nuestra principal curiosidad fue comparar el 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 la parcela la “gandulera” del campo experimental de la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental, Departamento de Ciencias Agronómicas, 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, durante un período de 24 semanas, comprendidas desde el 3 de febrero hasta el 11 de julio del año 2006.

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron 18 parcelas divididas en 6 bloques, comprendidos de 3 parcelas cada uno. Cada parcela con una dimensión de 16 m<sup>2</sup> (0.0016 ha.) y un área útil de 4 m<sup>2</sup> (0.0004 ha.).

Los tratamientos estuvieron comprendidos por las tres variedades de sorgo (CENTA S-2, CENTA S-3 y RCV), manejadas agronómicamente de igual manera, el diseño estadístico aplicado fue el de bloques completamente al azar.

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 que utilicen la variedad de sorgo que presente mayor rendimiento de biomasa, calidad nutricional y utilidades económicas, según sean las recomendaciones propuestas en los resultados de esta investigación.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 2.1. Origen histórico del sorgo.

Según Doggett, 1988 (17), los sorgos cultivados hoy en día se originaron del silvestre *Sorghum bicolor* subsp. *Arundinaceum* y la mayor variación en el género *Sorghum* se encuentra en el cuadrante noroeste del Africa, abajo del Sahara.

Los primeros informes muestran que el sorgo existió en India en el siglo I d.C. Esculturas que lo describen se hallaron en ruinas Asirías de 700 años a.C. Sin embargo, el sorgo quizás sea originario de África Central Etiopía y Sudán, pues es allí donde se encuentra la mayor diversidad de tipos. Esta diversidad disminuye hacia el norte de África y Asia. Existen sin embargo, ciertas evidencias de que surgió en forma independiente tanto en África como en la India.

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

El sorgo como cultivo doméstico llegó a Europa aproximadamente hacia el año 60 d.C. pero nunca se extendió mucho en este continente. No se sabe cuándo se introdujo la planta por primera vez en América. Las primeras semillas probablemente se llevaron al hemisferio Occidental en barcos de esclavos procedentes de África (74).

### 2.2. Importancia del cultivo de sorgo.

De acuerdo con Paúl, 1990 (68). El Sorgo (*Sorghum vulgare*) es el quinto cultivo en importancia entre los cereales del mundo después del trigo

(*Triticum aestivum*), el maíz (*Zea mays*), el arroz (*Oryza sativa*) y la cebada (*Hordeum vulgare*).

Si bien el sorgo continúa siendo el principal cereal de importancia en muchas partes del mundo por su resistencia a sequía y altas temperaturas. En nuestro país la importancia del sorgo como parte integrante de un sistema de producción radica en la utilización como grano y forraje para alimento animal y como parte esencial de un sistema de rotaciones para mantener la productividad y estabilidad estructural del suelo, (74). Por su alto grado de resistencias a enfermedades virosas, mildew veloso y su poca demanda de agua. En algunas regiones del mundo el cultivo de variedades mejoradas e híbridas desarrolladas en las últimas dos décadas está sustituyendo al cultivo de maíz.

Por su bajo costo de producción en algunos países tropicales se está mezclando la harina de sorgo con la de trigo para reducir las importaciones traduciendo en ahorro de divisas, (75).

Es también un cultivo que tolera mejor que otros las deficiencias hídricas y que se adapta a una amplia gama de condiciones de suelo, además presenta asimismo, una buena respuesta al riego y la fertilización. Peterson y Col. (69).

### **2.3. Clasificación taxonómica del sorgo.**

Clasificación de *Sorghum bicolor* (L.) Moench, según Doggett, H. (17).

|             |                                   |
|-------------|-----------------------------------|
| Reino:      | Vegetal.                          |
| Familia:    | Gramínea.                         |
| Tribu:      | Andropogoneae.                    |
| Subtribu:   | Sorghastrae.                      |
| Géneros:    | Sorghum y Cleistchne.             |
| Subgéneros: | Sorghum (Eusorghum), Parasorghum, |

Chaetosorghum, Stiposorghum, Sorghastrum, Heterosorghum.

Grupos: Halepencia y Arundinacea.

Especies: *Sorghum vulgare*, *Sorghum bicolor*, *S. arundinaceum*, *S. halepense*, *S. almun* y *S. propinquum*.

En 1753, Linneus, describió en su “Species Plantarium” tres especies de sorgo cultivado: *Holcus sorghum*, *H. saccharatus*, y *H. bicolor*. En 1794 Moench distinguió el género *Sorghum* del género *Holcus*; en 1805 Persoon creó el nombre *Sorghum vulgare* para *H. soghum* (L.). y en 1961, Clayton consideró *Sorghum bicolor* (L.) Moench, como el nombre específico correcto de los sorgos cultivados y como tal ha sido aceptado desde entonces (17, 46).

Varios taxónomos han clasificado el 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, (88).

#### **2.4. Características agronómicas de las variedades CENTA S-2, CENTA S-3, RCV y su origen.**

##### **2.4.1. Características de la variedad CENTA S-2.**

| <b>Características</b>  | <b>Invierno</b> | <b>Verano</b> |
|-------------------------|-----------------|---------------|
| Días cosecha de grano   | 112             | 97            |
| Días cosecha de forraje | 75              | 70            |
| Días a flor             | 70              | 67            |
| Rendimiento de grano    | 2.8 tm/ha.      | 5 tm/ha.      |
| Rendimiento de forraje  | 86 tm/ha.       | 71 tm/ha.     |
| Altura de planta        | 3.20 m.         | 2.60 m.       |

|                              |                        |                        |
|------------------------------|------------------------|------------------------|
| Largo de panoja              | 18 cm.                 | 24 cm.                 |
| Tipo de panoja               | redonda, semi-abierta  | -----                  |
| Tamaño de grano              | grande                 | grande                 |
| Color de grano<br>cristalino | blanco cristalino      | blanco                 |
| Número de hojas              | 12 – 14 hojas          | 10 – 12 hojas          |
| Proteínas del grano          | 11.5 %                 | 11.5 %                 |
| Proteína del forraje         | 8.0 %                  | 8.0 %                  |
| Calidad de tortilla          | buena                  | buena                  |
| Acame                        | susceptible            | tolerante              |
| Enfermedades<br>(mildiu)     | tolerante              | tolerante              |
| Plagas                       | tolerante              | tolerante              |
| Peso específico del grano    | 0.72 g/cm <sup>3</sup> | 0.72 g/cm <sup>3</sup> |
| Vigor del tallo              | bueno                  | bueno.                 |

(84).

#### **2.4.1.1. Origen de la variedad CENTA S-2.**

La variedad se obtuvo en la Estación Agrícola Experimental de Santa Cruz Porrillo, mediante la metodología de “Pedigree modificado” del ciclo 1973 A en el surco No. 323. Luego se sembraron parcelas de observación de la pureza genética comprobándose una segregación perjudicial del 3.5 por ciento para granos de otro color. Por esta razón se emprendió un trabajo de purificación (1) con selección direccional bajo las metodologías de masal y genealogía para reducir al mínimo dicha segregación.

Para 1976 estuvo a disposición de los agricultores la semilla de maicillo CENTA S-2, con alta pureza varietal (97,5 por ciento) (84).

### **2.4.2. Características de la variedad CENTA S-3.**

| <b>Características</b>     | <b>Valor Promedio</b> |
|----------------------------|-----------------------|
| Altura de planta           | 270 cm.               |
| Días a flor                | 70-75 días.           |
| Días a cosecha de grano    | 100 días.             |
| Días a cosecha de ensilaje | 75-80 días.           |
| Rendimiento de grano       | 55qq/mz.              |
| Rendimiento de forraje     | 71.43 tm/mz.          |
| Color de grano             | Blanco.               |
| Calidad de forraje         | Muy buena.            |
| Taninos en el grano        | Imperceptibles.       |
| Fenoles en el grano        | Muy bajo.             |
| Color de planta            | Canela.               |
| Acame de tallo             | tolerante.            |
| Número de hojas            | 12 hojas.             |
| Enfermedades y plagas      | Tolerante.            |
| Sequía                     | Tolerante.            |

Los días a floración y cosecha pueden variar de acuerdo con las condiciones climáticas de cada lugar (16).

#### **2.4.2.1. Origen de la variedad CENTA S-3.**

Esta variedad fue introducida por el Programa LASIP/CIMMYT, a través de los ensayos de la Comisión Latinoamericana de Investigadores de Sorgo (CLAIS), con la identificación M-62650. Siendo su genealogía [(SC-423 \* CS-3541)-E-35-1]-2 (16).

### **2.4.3. Características de la variedad RCV.**

| <b>Características</b> | <b>Valor Promedio</b> |
|------------------------|-----------------------|
| Polinización cruzada   | 4.5 %.                |

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Días al 50 % de floración    | 72 días.   |
| Días a madurez fisiológica   | 102 días.  |
| Días de cosecha              | 110 días.  |
| Altura de planta             | Mayo: 200 cm.<br>Agosto: 180 cm.<br>Noviembre: 160 cm. |
| Tipo de panoja               | semi-compacta.   |
| Tamaño de panoja             | 28 cm.   |
| Color de grano               | Blanco cristalino.                                     |
| Número de hojas              | 12 hojas.  |
| Rendimiento en grano         | 80 qq/mz (5.2 t/ha).                                   |
| Rendimiento zacate verde     | 38.2 t/ha.   |
| Color de planta              | Canela.  |
| Acame                        | Resistente.  |
| Reacción a enfermedad foliar | Tolerante.   |

El grano es rico en proteínas (12 %), Carbohidratos (66 %), y por el contenido de taninos y fenoles (que es muy bajo), se considera un grano de excelente calidad para el consumo humano y animal.

La planta tolera fitotoxicidad de insecticidas fosforados (55).

#### **2.4.3.1. Origen de la variedad RCV.**

Esta variedad fue introducida en el país por el Programa LASIP/CIMMYT, a través de los ensayos de La Comisión Latinoamericana de Investigadores de Sorgo (CLAIS) en el ensayo VOVAC-91 entrada 31, identificada experimentalmente como ICSV-LM-90503. Siendo su genealogía (M-35585 x CS CROSSES 31) bk-5-2-2-3-1-1-1-bk (55).

## **2.5. Anatomía y morfología.**

### **2.5.1. Órganos vegetativos.**

#### **2.5.1.1. Tallo.**

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 Doggett, (17).

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 hacia la periferia del tallo donde forman casi un anillo sólido. 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 (88). La médula es jugosa o seca, dulce o insípida. Se forma una yema en cada nudo excepto en el nudo Terminal. Las yemas son alternas y las inferiores pueden formar hijos axilares poco después del desarrollo de las raíces coronarias; mientras que las superiores pueden desarrollarse como ramas laterales especialmente si se daña el ápice de crecimiento. 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 (46).

### **2.5.1.2. 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, esta controlada genéticamente; pero los factores ambientales como la deficiencia de agua, pueden ejercer efectos pronunciados (46).

### **2.5.1.3. Hoja.**

El numero de hojas varia de 7 a 24 según la variedad y la longitud del período de crecimiento. Las hojas son erectas hasta casi horizontales y se encorvan con la edad. Las hojas maduras son de 30 a 135 cm de longitud y de 1.5 a 15 cm de ancho. Son alternas y lanceoladas o linear-lanceoladas con una superficie superior lisa y cerosa. 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. 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. 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. El mismo intervalo rige la diferenciación de hojas en el ápice vegetativo del tallo y algunas variedades producen hojas más rápido que otras. 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 esta emergiendo. House, (46).

#### **2.5.1.4. Vaina de la hoja.**

La vaina de la hoja circunda el tallo y frecuentemente tiene márgenes sobrepuestos. Su longitud varía de 15 a 35 cm con la máxima hacia el centro del tallo. Las vainas fijadas a los nudos inferiores frecuentemente cubren los nudos de arriba, pero los superiores no se extienden hasta el nudo de arriba según House, (46). Una pelusilla blanca polvosa de cera se encuentra especialmente sobre las vainas superiores. Esta cera esta 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. El margen superior libre de la lígula es ciliado. 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).

#### **2.5.1.5. Raíz.**

La radícula censilla, es responsable del establecimiento de la plántula y es temporal. El sistema radical adventicio fibroso se desarrolla de los nudos más bajos del tallo. La profundidad de enraizado es generalmente de 1 a 1.3 m con 80 % de las raíces en los primeros 30 cm (56).

Doggett, H. (17), Menciona que los depósitos de sílice en la endodermis de la raíz probablemente la fortalecen y le permiten soportar presiones altas durante períodos de sequía.

Los pelos absorbentes pueden ser el doble en número que el maíz. Las

raíces de soporte pueden crecer de primordios radicales, pero no son efectivas en la absorción de agua y nutrientes (46).

## **2.5.2. Órganos reproductivos.**

### **2.5.2.1. Inflorescencia.**

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. La posición de la panícula es importante para la cosecha mecanizada y para la tolerancia a plagas y enfermedades. En algunas variedades, el pedúnculo está encorvado (cuello de ganso). 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. Las espiguillas terminales ocurren en tríadas, dos de las cuales son pediceladas y estériles. La longitud de los raquis y ramas y la proximidad entre estas, determinan la forma de la panícula (17, 46, 61, 9, 67).

#### **2.5.2.1.1. Las espiguillas pediceladas.**

Estas son normalmente lanceoladas y mucho más anchas que las sésiles. Sus pedicelos pueden ser cortos o largos (0.5 a 3 mm). La espiguilla consiste

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 (17,88, 46).

#### **2.5.2.1.2. Las espiguillas sésiles.**

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. La espiguilla varía en forma de lanceolada a casi rotunda y aovada. 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. 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. Hay también dos lodículos adyacentes en el lema fértil en la base de la florecilla. Los estambres son tres, con anteras versátiles de cuatro lóculos cada una capaz 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 (17, 46).

#### **2.6. Etapas fenológicas del sorgo.**

El período de desarrollo del sorgo consiste en tres fases: la vegetativa, la reproductiva y el período del llenado del grano. La fase vegetativa (etapa de crecimiento 1 = EC1) 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 fase (EC2) empieza cuando en el meristema apical empieza a diferenciarse un meristema floral, continúa con el desarrollo de la inflorescencia y termina cuando tiene lugar la antesis; durante esta fase, hay una elongación rápida de los entrenudos del tallo y expansión de las hojas. La tercera fase (EC3), se caracteriza por el desarrollo y madurez del grano y la senescencia de las hojas.

Las etapas de crecimiento del sorgo, días después de la siembra son EC1 incluye las fases de 0 a 30, EC2 de 30 a 60 y EC3 de 60 a 90; los números se refieren a días después de la siembra en suelo húmedo (34).

### **2.6.1. Etapa de crecimiento 1 – EC1.**

Vegetativa, comprende desde la siembra hasta el inicio de los primordios florales. Inicia con la imbibición del agua por la semilla, pasando por la formación de la radícula, del coleóptilo, crecimiento de hojas y tallo, finalizando al inicio del primordio floral (77).

#### **2.6.1.1. Fase de imbibición.**

Cuando se coloca la semilla en un medio húmedo, la absorción de agua puede empezar inmediatamente o bien puede haber una fase de retraso de varias horas, especialmente si el contenido de humedad de la semilla es menor de 10 %. Durante la imbibición hay inicialmente una absorción rápida de agua (a través del hilo) por la semilla, cuya actividad metabólica es entonces acelerada. La tasa de respiración y el alargamiento de unas células se incrementan (especialmente las de la coleorriza que rompe el pericarpio). Durante las primeras 24 horas aproximadamente, el crecimiento por extensión y división depende totalmente del aprovechamiento de los aminoácidos, grasas y carbohidratos solubles, almacenados en el embrión. Una cantidad significativa de giberelina es secretada por la región del escutelo del embrión. Esta giberelina se difunde a las células del aleurona que circundan las

células de almacenamiento de alimento del endosperma y la estimulan a sintetizar y liberar enzimas hidrolíticas, particularmente  $\alpha$ -amilasa y proteasas, hacia el endosperma, donde inducen últimamente la producción de glucosa, fructosa y maltosa, que luego son transferidas a través del escutelo, donde se sintetiza la sucrosa, al eje embrionario. La mayoría del nitrógeno es probablemente transferido como glutamina (57). Las citocininas y auxinas en este proceso, promueven entonces el crecimiento del embrión por la división y alargamiento de sus células. 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 endosperma domina por ser la porción más grande de la semilla (41, 79).

#### **2.6.1.2. Fases de emergencia de la radícula y hoja en la punta del coleóptilo.**

Al hincharse la semilla, el tegumento se rompe y la radícula y el pequeño coleóptilo emergen. Tiene lugar la difusión de oxígeno hacia la parte interior de la semilla (la ruta respiratoria antes del rompimiento del tegumento probablemente fue anaeróbica). 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).

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. Existen entre cinco a siete hojas embrionarias en el embrión (18).

#### **2.6.1.3. Fase de emergencia.**

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. El mesocótilo crece en este momento y se forma un nudo en la base del coleóptilo justo abajo del nivel de la tierra.

El sistema radical seminal, producido del desarrollo, soporta a la plántula durante las primeras semanas del establecimiento. 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 (18). 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 endosperma 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 (46).

#### **2.6.1.4. Fase de crecimiento temprano de las hojas y el tallo.**

Las hojas empiezan la vida como una serie de primordios en los lados

del meristema apical y su desarrollo empieza por la división celular acompañada de la diferenciación en varios tejidos. 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 (58). El plastócrono no es constante, porque la tasa de iniciación de las hojas se incrementa con el área foliar existente. 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. El aumento en el número de células, la longitud, el área y peso fresco de la hoja, es exponencial y altamente dependiente de los factores ambientales. La expansión celular empieza en una etapa temprana del crecimiento de la hoja. Aunque la planta tiene siete u ocho hojas totalmente expandidas al terminar esta fase de crecimiento, el ápice meristemático se queda adentro de la tierra hasta 20 a 25 días después de la germinación. La hoja más baja, con su punta redonda, muere y se desprende.

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 EC2 (44).

### **2.6.2. Etapa de crecimiento 2 – EC2.**

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 (77).

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 (46, 70). La iniciación floral indica el fin del crecimiento vegetativo debido a la actividad meristemática. Empieza entonces “el gran período de crecimiento” que consiste, su mayor parte, de agrandamiento de las células. Durante este período se acumula la materia seca a una tasa casi constante hasta la madurez y la absorción de nutrientes es intensa. De ahí que se requiere cantidades adecuadas de nutrientes y agua en el suelo. Se han formado todos los primordios foliares en el ápice del tallo el cual se agranda y extiende en la preparación para iniciar los primordios florales.

El crecimiento primario del tallo es el resultado de las células producidas inicialmente por el meristema apical. Primero hay diferenciación del procambio, 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. 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 EC2 (57).

Durante este período de crecimiento, ocurre una ramificación extensa del sistema radical adventicio, empezando cerca de la superficie del suelo (51).

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 meristema apical al inicio del proceso de

diferenciación. Existe una correlación positiva entre la maduración de EC1 y el tamaño del ápice. Entre 7 a 10 días después del inicio de EC2 se forman las ramas secundarias y terciarias de la panícula primaria y también empiezan en la base de la inflorescencia progresando acrópetamente. El número de ramificaciones secundarias y terciarias disminuye de la base hacia la punta de la inflorescencia, resultando en menos semillas por rama primaria en el ápice de la misma. La diferenciación de las glumas y de las espiguillas empieza en la punta y procede basípetamente.

Al inicio del desarrollo de la espiguilla, 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. 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 (25).

Las variantes genóticas en el número de granos por rama primaria en la punta de la panícula, reflejan disparidades en tiempo entre el final de la diferenciación de las ramas primarias y el inicio de la diferenciación de las espiguillas, lo que permite un mayor grado de ramificación secundaria en la punta. El lapso de tiempo entre la terminación de la diferenciación acrópeta 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 (52, 3, 66 y 44). 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 (3).

Al inicio de EC2, 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. A medida que se alargan los entrenudos y se expanden las láminas de las hojas rápidamente, durante esta fase de crecimiento lineal de EC2, la radiación, la temperatura ambiental, la humedad del suelo y el nivel de nitrógeno en el suelo, influyen en las tasas de división y elongación y en consecuencia afectan el ritmo de incremento y la capacidad de la superficie fotosintética (44). Alrededor de 35 a 40 días después de la germinación, 80 % del área foliar se ha desarrollado y la intercepción de luz se acerca al máximo. El crecimiento y absorción de nutrientes continúan a una tasa rápida mientras se está desarrollando la panícula; mueren dos o más hojas inferiores y más de 40 % del potasio ya está absorbido.

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 en 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 exersión 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.

Termina EC2 cuando la inflorescencia se desarrolla rápidamente al

punto 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 (85, 46). Cualquier tipo de tensión durante EC2, 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 (51).

#### **2.6.2.1. Antesis (floración).**

Al alcanzarse 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.

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. La florescencia continua hacia debajo de una manera bastante regular, y en general, las flores en un plano horizontal a través de la panícula se abren al mismo tiempo. Las espiguillas pediceladas florecen de 2 a 4 días después de las sésiles en la misma rama. Todas las flores en la panícula terminan de abrirse en un lapso de 6 a 15 días (6 a 9 generalmente) dependiendo de la variedad, el tamaño de la panoja, la temperatura, la humedad y otros factores. De esta manera, el máximo de florecimiento ocurre alrededor de la mitad del período de floración. El polen está disponible durante un período de aproximadamente dos semanas, debido a que todas las panojas en el campo no florecen al mismo tiempo. Las flores abren generalmente entre las 22:00 y las 08:30 horas durante el período de floración, la mayoría abriendo justamente a la salida del sol. Las flores se abren en

aproximadamente 10 minutos debido a la presión aplicada por los dos lodículos que pueden hincharse al doble de su tamaño normal. Conforme se desenvuelven las glumas, las tres anteras y los dos estigmas emergen o las primeras pueden salir antes de que se abran las glumas. Las anteras pueden preceder a los estigmas o viceversa, dependiendo de la variedad. 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 estaminadas 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. 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 600 000 000 granos de polen los cuales son viables solamente durante 3 a 6 horas. Los estigmas permanecen receptivos entre 1 ó 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 (17, 88, 67 y 46).

### **2.6.3. Etapa de crecimiento 3 – EC3.**

Comprende: polinización, fecundación del ovario, desarrollo y maduración del grano (77).

#### **2.6.3.1. Polinización y fertilización.**

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 autofecundado; 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 polen germina inmediatamente si cae sobre un estigma receptivo y la fertilización tiene lugar alrededor de dos horas después; pero la luz es necesaria para la germinación y el polen esparcido durante la noche no germina hasta el amanecer.

El sorgo es una planta de días cortos y se acelera la floración con días cortos y noches largas. Los tipos foto insensibles permiten la adaptación geográfica de las variedades (17).

#### **2.6.3.2. 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 (26). 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 endosperma 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 endosperma ha reemplazado casi todo el tejido nucelar y el cariósido alcanza su volumen máximo alrededor de 12 a 20 días después de la polinización. Posteriormente, el desarrollo principal en el cariósido es un incremento en el tamaño del embrión y la deposición de almidón en el endosperma.

Para el sexto o sétimo día después de la polinización, la diferenciación

de los órganos bajo la forma del eje raíz-tallo es visible y el meristema 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 (88).

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 (vainita 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 (51).

Una región entre los nudos coleoptilar y escutelar, es sujeta a un incremento intercalado y de 10 a 12 días después de la polinización llega a ser el primer entrenudo (mesocótilo), (88).

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 endosperma 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 (66). La duración del período de retraso en sorgo puede ser de aproximadamente 14 días (27). 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 (28). Hacia la segunda mitad del período de retraso, 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 (66, 44). Estos productos asimilados pueden constituir hasta 12 % del peso final de los granos (35), especialmente si prevalecen las condiciones de tensión como el sombreado y la sequía (51). Aproximadamente 90 % del rendimiento de grano se debe a la fotosíntesis en la panícula y las cuatro hojas superiores (36). Durante la etapa lechosa, las raíces empiezan a mostrar senescencia (86). Las células centrales del mesófilo acumulan rápidamente almidón hasta casi 21 días después de la fertilización, cuando el grano alcanza el tamaño máximo.

Según Eastin, 1972 (27), alrededor de 70 días después de la germinación, el grano entra en la etapa de masa suave. Pero solo cerca del 10 % de su materia seca se ha acumulado porque el crecimiento hasta este momento ha sido principalmente un incremento de volumen. Durante los próximos 20 días, la acumulación de materia seca es muy rápida. Los genotipos con un período largo de masa suave, generalmente rinden más.

House (46), señala que al final de la etapa de masa suave el grano tiene alrededor de 40 % de su máximo peso seco. La senescencia avanza en el sistema radical y el peso del tallo disminuye un poco.

Entre 80 y 85 días después de la germinación (etapa de masa dura), ya se ha acumulado aproximadamente 75 % del peso final del grano, el peso de la caña alcanza un mínimo, ha ocurrido más pérdida de hojas y la absorción de nutrientes esta esencialmente completa.

Alrededor de los 90 días, la planta alcanza la madurez fisiológica (peso

máximo de materia seca) y el grano tiene aproximadamente 30 % de humedad. 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.

## **2.7. Requerimientos de clima y suelo.**

### **2.7.1. Clima requerido.**

#### **2.7.1.1. 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. (10, 77).

#### **2.7.1.2. 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 desuniforme, 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 grano de polen. Temperaturas muy altas durante los días

posteriores a la floración reducen el peso final del grano (59).

El crecimiento de la 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 (29).

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 antesis, aborto de flores y de los embriones (77).

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 los estomas para disminuir la evaporación durante períodos de estrés hídrico), que le permite resistir la sequía (53). 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 (73).

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. Las bajas temperaturas ( $< 10^{\circ}\text{C}$ ) 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 (72).

#### **2.7.1.3. Fotoperíodo.**

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 continua; en plantas de días largos, la floración se inhibe cuando el período oscuro excede una duración crítica y puede florecer bajo iluminación continua; los días neutrales inician flores bajo cualquier duración de la luz (83).

Se piensa que un fotoperíodo 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 fotosensibilidad 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 fotoperíodo es necesaria en variedades de estación corta que se requieren sembrar en cualquier momento para ser cosechadas en cualquier tiempo predeterminado, especialmente bajo condiciones de riego. (19).

#### **2.7.1.4. Precipitación.**

Los sorgos fotoinsensitivos necesitan una mayor cantidad de humedad en el suelo para la polinización y llenado del grano; comparados con los

fotosensitivos (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 (77).

Gudiell, V.M. 1987. (43) menciona que el sorgo requiere de una precipitación como mínimo de alrededor de 600 mm.

### **2.7.2. Suelo requerido.**

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 (72).

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 (49).

## **2.8. Labores culturales.**

### **2.8.1. Preparación del suelo.**

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 (11).

#### **2.8.1.1. Sub-suelo.**

Los lotes que se han usado para ganadería por muchos años, y se van a sembrar en cultivos, es aconsejable al preparar el suelo descompactarlos por

medio de arados de disco o de cincel, si la topografía de este lo permite (12). 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. (11).

#### **2.8.1.2. 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 (11).

#### **2.8.1.3. 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 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 (11).

### **2.8.2. Época de siembra.**

#### **2.8.2.1. Primera.**

Se recomienda realizar las siembras en la época comprendida entre la primera quincena de mayo y la primera 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 (65).

#### **2.8.2.2. 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 (65).

#### **2.8.2.3. Bajo riego.**

La humedad, fertilidad y el fotoperíodo 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 (65).

### **2.8.3. 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 (13).

Para sembrar una hectárea de sorgo CENTA S-2 se utilizan 16 kg/ha. (25 lb/mz.) (84).

Para sembrar una hectárea de sorgo CENTA S-3 se utilizan 19 kg/ha. (29.3 lb/mz.) (16).

Para sembrar una hectárea de sorgo RCV se utilizan 16 kg/ha. (25 lb/mz.) (55).

#### **2.8.4. 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) (16).

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 nutrientes 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 (65).

#### **2.8.5. 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. (65).

#### **2.8.6. 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 ó 15 cm. lo cual ocurre entre los 10 ó 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 (65).

#### **2.8.7. Aporco.**

Esta practica 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 (65).

#### **2.8.8. Fertilización.**

Según Graetz H. (42), 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) (37).

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 (65).

Los requerimientos de fertilizante del sorgo para la región de América Latina bajo condiciones de riego son los siguientes: 80 kg.  $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ , 60 kg.  $N \cdot ha^{-1}$  para suelos con <50 ppm de K disponible) (64, 80).

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. (76).

Deficiencias a partir de ese período afectan no solo el rendimiento sino también a la calidad del grano, por disminución del contenido de proteínas (59).

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 (50). Por lo tanto no se debe de ir más allá de la época de floración para no tener perjudicada la producción (76).

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. (42).

### **2.8.9. Plagas y enfermedades.**

#### **2.8.9.1. 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 metodos de control se han dividido en tres grupos: plagas del suelo, del follaje y panoja (65).

### 2.8.9.1.1. Plagas de suelo.

CUADRO 1. Plagas del suelo.

| Nombre común  | Nombre científico                             | Daño   | Control   |
|---|---|--|---|
| Gallina ciega, chorontoco, oruga, gusano blanco, joboto, oluga. | <i>Phyllophaga sp</i>                         | Se alimenta de las raíces y base del tallo por lo que causan la marchitez y muerte de la planta. | 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.<br><br>Gaucho: tratar la semilla antes de sembrarla con 3 a 5 libras por 100 libras de semilla. |
| Gusano de alambre   | <i>Melanotus sp; Aeolus sp.</i>               | “ “  |   |
| Piojo de zope   | <i>Blapstinus sp; Ullus sp; Epitragus sp.</i> | Daña los granos próximos a germinar y las raíces de las plántulas, que se doblan y mueren.       |   |
| Gusano cuerudo, Tierreros, Hacheros y cortadores                | <i>Agrotis sp y Feltia sp.</i>                | Se alimenta de las raíces y base del tallo por lo que causan la marchitez y muerte de la planta. |   |

(65).

### 2.8.9.1.2. Plagas del follaje y panoja.

Las plagas del follaje y panoja que ocasionan daños de consideracion al cultivo de sorgo, provocando decrementos en la produccion de grano y de forraje aparecen en el cuadro 2.

CUADRO 2. Plagas del follaje y panoja.

| Nombre común     | Nombre científico  | Daño  | Control   |
|------------------|--|---|---|
| Gusano cogollero | <i>Spodoptera frugiperda</i><br>(J.E. Smith)<br>(Prodenia) | Puede actuar como cortador hasta aproximadamente los primeros 22 días del cultivo, luego ataca el cogollo. Puede actuar como barrenador y se alimenta del grano en maduración.    | 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. |
| Gusano soldado   | <i>Spodoptera exigua</i> .                                 | Daños al follaje, se alimenta del mesófilo de la hojas dejando las nervaduras foliares. Es más notorio en etapas tempranas del crecimiento y se alimenta del grano en maduración. | Azodrin 50% CE,<br>Volaton 50% CE,<br>Volaton G. 2.5% y<br>Extractos de semilla de Nim.   |
| Gusano cortador  | <i>Spodoptera spp.</i>                                     | Se alimenta de raíces, base del tallo y follaje de las plántulas. También se alimenta del grano en maduración.  | Rienda 1 copa<br>Bayer/bombada.   |

(65).

#### 2.8.9.1.2.1. Pájaros.

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 (4).

#### 2.8.9.2. Enfermedades.

Los sorgos sufren el ataque de enfermedades que perjudican su producción de grano y forraje, deteriorando además su valor nutritivo.

Estas enfermedades varían en importancia, 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 (59).

Las enfermedades de mayor daño económico son: Mildiú veloso (*Sclerospora sorghi*), Tizón de la hoja (*Helminthosporium sp*), Mancha gris de la hoja (*Cercospora sorghi*), Antracnosis y pudrición roja (*Colletotrichum graminicola*), Mancha zonal de la hoja (*Gleocercospora sorghi*), Pudrición del tallo (*Fusarium sp*), últimamente se ha reportado la enfermedad de la panoja conocida como Ergot (*Sphacelia sp*). Para el control de estas enfermedades se recomienda del uso de variedades tolerantes (10).

#### **2.8.10. Control de malezas.**

El sorgo es un cultivo cuyo crecimiento inicial es lento, y se acentúa por la competencia de malezas, razón 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 (77).

El control de malezas debe realizarse siempre, para evitar que estas compitan por luz, agua y nutrientes con los cultivos. Puede ser mecánico, químico o manual. En forma química se recomienda:

- 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 emplean 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 (16).

#### **2.8.11. Cosecha.**

Para la variedad RCV, la cosecha puede ser manual o mecánica, depende de la forma de siembra o topografía del terreno (55).

El corte debe hacerse a una altura de 10 cm. del suelo para estimular el rebrote (14).

De acuerdo con McCormick, M.E., 1984 (60), indica que hay que cortar o cosechar el sorgo para forraje cuando este se encuentra en la etapa de masa suave (mañoso-lechoso) de la madurez, ya que es aquí donde se alcanzan los rendimientos máximos (tm/ha) sin reducir apreciablemente su calidad nutritiva.

#### **2.8.12. Rendimiento de 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 (CO<sub>2</sub>) 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 (63).

Fontanetto, H. 1977 (38) 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.

Con alguna variante entre especies u 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 (30, 87).

En cuanto a la demanda de nutrientes, la gran necesidad 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 (cuadro A-61) está estrechamente vinculada con el aprovechamiento de la radiación incidente, de la capacidad de canopeo para interceptarla y la eficiencia del cultivo para transformarla. En este sentido, la intercepción de la radiación solar incidente que asegura las máximas tasas de crecimiento del cultivo, se encuentra cuando el índice de área foliar IAF aumenta hasta el IAF crítico, que permite captar el 95 % de la radiación incidente. (5).

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 panojamiento 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 (59).

#### **2.8.13. 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. En los alimentos concentrados y suplementos (expellers, afrechillos, harinas, etc.) las características del proceso industrial que los originan definen, en gran medida, su calidad (81).

Pérez, D.M., 1978 (71) menciona que 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 las diferentes prácticas de manejo entre las que destaca una buena

alimentación de la vaca a costos que permitan al productor una correcta recuperación del capital invertido.

Escobosa Laveaga, A. y Col., 2007. (32), sostienen que 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 ventaja que tiene considerar el valor del alimento base a materia seca al de cómo se administra al animal, es que los nutrientes que se encuentran en la materia seca pueden ser comparados en forma absoluta y permite medir a todos los alimentos en un mismo patrón, lo que facilita la tarea al decidir la adquisición de una determinada materia prima o evaluar la dieta que se esta administrando al ganado. Por ejemplo, si se compara alfalfa en heno al 90 % de materia seca, o bien una alfalfa con 70 %, pero en ambos casos con 14 % de proteína cruda (PC) calculada como alimento suministrado, observaremos que en el segundo forraje estamos obteniendo una mayor cantidad de nutrientes por unidad de alimento adquirido, ya que si en 90 unidades de forraje tenemos 14 de proteína cruda, en 100 habrá 15.56, en tanto que en forraje con 70 % MS y 14 % PC, al no considerar el contenido de humedad, contendrá 20 % de PC sobre MS.

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, 1970 (23), establece 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.

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 (60).

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 anthesis y la etapa lechosa, con la disminución más marcada en las hojas y el tallo (17).

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 (88).

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 (60, 47).

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 FAO, 1972 (39).

#### **2.8.13.1. Proteína.**

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 Hulse y col., 1980 (48).

El contenido y la composición de la proteína en el endosperma 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 Waggle, 1967 (89). 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 y Col., 1980 (48).

Por otra parte, Escobosa Laveaga, A. y Col., 2007. (32), establecen que entre las funciones metabólicas normales, toma lugar la formación y reparación de tejidos, así como la producción de secreciones orgánicas tales como enzimas, hormonas, leche, etc.; para esto el organismo requiere que se le proporcione el material necesario para la producción de los aminoácidos que son las unidades de construcción. Las necesidades variarán dependiendo de la talla y madurez del animal. Para un crecimiento normal, el bovino requiere en forma progresiva mayores cantidades de proteína, ya que la mayor parte de las ganancias en peso se atribuye a depósitos de proteína y agua en tejidos y órganos. A medida que el animal madura, el incremento de peso se deberá más a depósito de grasa que de proteína. En animales gestantes es importante considerar los requerimientos de proteína; llama la atención que durante el último tercio de gestación, el producto de concepción incrementa rápidamente de tamaño almacenando fuertes cantidades de energía y proteína; en base a materia seca, aproximadamente dos terceras partes del producto de concepción están formadas por proteínas.

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.

#### **2.8.13.2. Carbohidratos.**

Otra clase de compuestos de gran importancia para la economía de los seres vivos son los glúcidos, también denominados glícidos, hidratos de

carbono, 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, que, por otra parte, también están presentes en cantidad notable en los animales.

El glúcido más difundido es la celulosa  $(C_6 H_{12} O_6)_n$ , de función estructural; pero también los almidones  $(C_6 H_{10} O_5)_n$ , están ampliamente distribuidos en los cereales y otras semillas, raíces tubérculos etc., 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, se distinguen los oligosacáridos (82).

De acuerdo con El Tinay y Col., 1979 (33), 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 H.C. y Col., 2003. (12) sostienen que el ensilaje es una forma de conservar alimento dentro de una estructura hermética llamada silo, sin que se afecte notoriamente su calidad. Es un alimento que su valor alimenticio es conferido por los carbohidratos solubles presentes en el material principalmente en los granos, en consecuencia su valor nutritivo es estrictamente energético. No es un proceso mediante el cual se convierten forrajes de mala calidad en alimentos más nutritivos; su calidad está directamente relacionada con la calidad original del material vegetal ensilado.

Los procesos bioquímicos que ocurren en el ensilaje 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 (proteasas) 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 lactogénicas 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 sí 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: El 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.

### **2.8.13.3. Minerales o cenizas.**

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.

De la misma forma como cuidamos la calidad de los forrajes, la cantidad y calidad de proteína, energía y fibra, de la misma forma hay que cuidar la calidad de nutrición mineral que se da a las vacas y reemplazos.

Los minerales se clasifican en macrominerales, 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 microminerales 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). Por ejemplo, mientras una vaca en producción puede requerir 100 gramos de calcio total, requiere alrededor de 1 gramo de zinc y 6 mgs de selenio por día. Esto a provocado tradicionalmente que se le de mucha mas importancia a los minerales mayores, sin embargo hoy en día se sabe que los microelementos tienen un impacto muy grande en los parámetros productivos, reproductivos, inmunidad, etc. Este es un primer aspecto de

importancia que se debe considerar en el momento de realizar valoraciones a nivel de establo y determinar la nutrición mineral para la finca. Hay que darle mucha importancia a los elementos mayores y a los menores.

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 (90).

Escobosa Laveaga, A. y Col., 2007. (32) mencionan que 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.

#### **2.8.14. Riego por aspersión.**

La aspersión es un sistema de riego que distribuye el agua en forma de lluvia sobre el terreno. El agua no se transporta, como en el riego de pie, a cielo abierto o, más moderadamente, mediante tuberías de baja presión, hasta la parcela, donde va avanzando e infiltrándose simultáneamente.

El agua va en conducción cerrada, a presión, hasta el aspersor y desde éste, por el aire, cae en forma de lluvia sobre la parcela, infiltrándose, sin desplazarse sobre el suelo. Para poder ser distribuida de forma eficiente es necesario que alcance una cierta presión, denominada presión de trabajo del aspersor. Por ello es necesaria la instalación de material de riego en parcela, al contrario que en el riego tradicional de pie.

Dicho material esta constituido por tuberías, aspersores y grupo de bombeo.

Este sistema presento un avance en la tecnología del riego, ya que anteriormente solo se regaba por gravedad. En poco tiempo aumentó

espectacularmente su utilización en los regadíos, debido a la mayor adaptabilidad que presenta en terrenos con topografía y propiedades físicas no demasiado apropiadas para el riego tradicional por gravedad y a la posibilidad de regar nuevas tierras que hasta entonces se consideraban no aptas para el riego, por carecer de tecnología adecuada.

Ahora bien esto no quiere decir que la aspersión sea el sistema de riego por excelencia. Presenta evidentes ventajas en algunos casos, así como inconvenientes en otros. Sin embargo, las primeras son mucho más conocidas que los segundos, pues no olvidemos que también es un producto comercial y la publicidad nunca anuncia aspectos negativos (15).

Bartolini, R., (6) habla que, frente a los sistemas de recientísima introducción; es el sistema que más se aproxima a la lluvia natural y por eso es el 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 reciente del shock térmico, puesto que queda envuelta en una atmósfera saturada de humedad que hace descender la temperatura del aire.

Espinosa, V. E. (31) considera que, los efectos benéficos del riego son de tal manera manifiestos que parece superfluo tratar de exponerlos en todos sus aspectos y hacer especial ponderación de ellos, por lo que nos conformamos solamente con mencionar que existe un gran contraste entre la productividad de un suelo que depende exclusivamente de lluvias escasas y regulares, o suelos de temporal, y la productividad de las tierras que pueden

disponer de agua para riego que permiten satisfacer las necesidades de las plantas con toda oportunidad. No es posible esperar mucho de los otros recursos de la técnica (variedades de elevada productividad, fertilizantes comerciales, combate de plagas, etc.) si no se cuenta con la posibilidad de dosificar satisfactoriamente la humedad del suelo.

Sin embargo, la práctica del riego aplicada ciegamente y sin cuidadosa atención puede transformarse en un elemento devastador, si no se prevén sus efectos adversos y no se toman las medidas indispensables para conjurarlos.

Bockmar, Chr; Kaarstad, O. (7) reportan que, actualmente, el 15% del total de la tierra arable del mundo es de regadío, pero esta produce el 33% del total de rendimiento de 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, K. (78) 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.

### **3. MATERIALES Y METODOS.**

#### **3.1. Generalidades de la investigación.**

##### **3.1.1. Localización geográfica.**

La investigación se realizó en la Unidad de Investigación Agropecuaria (UNIAGRO) de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, Universidad 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.

Las coordenadas geográficas del lugar son de 13° 26.3' latitud norte 88° 09.5' longitud oeste.

##### **3.1.2. Características del lugar.**

###### **3.1.2.1. Características climáticas del lugar.**

Las condiciones meteorológicas que caracterizan al lugar donde se llevó a cabo el experimento desde marzo-julio de 2006 son: Temperatura promedio de 27.8° C, temperatura máxima promedio de 36.06° C, temperatura mínima promedio 22.58° C, humedad relativa 72.2 %, precipitación de 788.4 mm, una altura de 117 m.s.n.m. y los vientos que prevalecen en la zona son: por la mañana de Norte a Noreste, por la tarde de Sur a Sureste (fuente: SNET/CIAGRO).

###### **3.1.2.2. Características edáficas.**

El terreno donde se realizó el ensayo esta ubicado en el cuadrante 2556-II, San Miguel, cuya unidad de mapeo Sma, y presenta las características siguientes: Sma: San Miguel franco arcilloso ligeramente inclinado en planicies.

Fisiografía: son áreas amplias casi sin disección; el relieve local es bajo; las pendientes son predominantes del 3 %; las capas inferiores generalmente

son aluviones estratificadas de polvo y pómez volcánicos.

Drenaje y humedad: los campos no son demasiado húmedos en la época lluviosa, con buen drenaje. Permanecen secos en la estación no lluviosa.

Tipo de suelo: latosoles arcillos rojizos, muy pesados, profundos y bien desarrollados.

Los horizontes superficiales hasta los 25 cm. de profundidad, son de textura franco arcillosa 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 I 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 de estudio se detalla por especies de la siguiente manera:

##### **3.1.3.1.1. Vegetación arbórea.**

Tigüilote (*Cordia dentata.*), mango (*Mangifera indica.*), mongollano (*Pithacellobium dulce.*), conacaste blanco (*Albizia caribiae.*), maquilhuat (*Taberbuia rosea.*).

##### **3.1.3.1.2. Vegetación herbácea.**

Zacate agua (*Ixophorus unisetus*), zacate callie (*Cynodon dactilon*), maíz (*Zea mays*), mozote (*Cenchrus brownii*).

### **3.1.3.2. Fauna.**

Dentro de la fauna se observaron pájaros ala roja (*Claravis godefrida*), pijullos (*Crotophaga sulcirostris*), mapachines (*Proeyo lotor*), zanates.

### **3.1.4. Duración del estudio.**

La investigación se llevó a cabo en un período 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.

### **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 de la tierra.

La delimitación del terreno se enfocó en delinear el área neta que se utilizó 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 almádanas artesanales.

#### **3.1.5.1.1. Muestreo y análisis químico de suelo.**

Para diseñar el plan de manejo de fertilización del cultivo que se estableció se realizó un muestreo de suelo (cuadro A-56 y A-57) en aras de conocer las cantidades de nutrimento complementarios a los requerimientos del cultivo; el cual se llevó a cabo de la siguiente manera:

- a). El muestreo se efectuó en forma de zig-zag tomando del área experimental 20 puntos para la recolección de las sub-muestras, distanciados 10 pasos uno del otro.
- b). De cada punto de muestreo se colectaron porciones de suelo a una profundidad de entre 0 – 20 cm, con la ayuda de una barra, pala, cuma, balde para depositar las sub-muestras y una bolsa especial proporcionada por PROCAFE, donde se detalla los datos del lugar, la fecha, cantidad obtenida y profundidad a la que la muestra fue tomada.
- c). Las 20 sub-muestras colectadas en el balde se homogeneizaron con el objeto de obtener una sola muestra representativa (1 lb) del área donde se realizó el ensayo.

#### **3.1.5.1.2. Preparación de suelo.**

Para la preparación del terreno se contó con la ayuda de maquinaria agrícola y tracción animal, se tuvo la necesidad de hacer un sub-suelo en forma cruzada, ya que el terreno se encontraba en piso de arado por el pastoreo del ganado, después se efectuaron riegos 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.

Se siguieron efectuando riegos 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 pasadas.

El surquiado se realizó con bueyes, con un distanciamiento de 0,67 m entre cada surco, orientado de este a oeste, con esta labor se delimito además las áreas de bloques, áreas de calle y áreas de parcela por tratamiento.

#### **3.1.5.2. Fase experimental.**

Esta fase inicio el día miércoles 5 de abril de 2006, efectuando primero la fertilización y después la siembra de las tres variedades evaluadas, a medida

se desarrollaba el cultivo se efectuaban labores culturales como limpias manuales, riegos, aporcos, control de plagas y enfermedades, segunda y tercera fertilización, cosecha de biomasa por variedades ya que ninguna variedad coincidió con su etapa optima para ser cosechada (etapa masoso-lechoso).

### **3.1.5.2.1. Labores culturales.**

#### **3.1.5.2.1.1. Siembra.**

La siembra de sorgo se realizó la primera semana del mes de abril del año 2006. Esta labor se efectuó de manera manual y modalidad a chorro seguido depositando un promedio de 30 semillas por metro lineal (1 gramo de semillas) para después efectuar el raleo o deshije con un distanciamiento entre plantas de 8,3 cm. y 0,67 m. entre surco, quedando 12 plantas por metro lineal, en síntesis 288 plantas por parcela de 16 m<sup>2</sup> (179 824 plantas/ha) y por área útil de 4 m<sup>2</sup> 96 plantas (ya que fueron 4 surcos los que quedaron dentro del área útil).

#### **3.1.5.2.1.2. Primera aplicación de fertilizante químico.**

La primera aplicación de fertilizante se realizó con la siembra (16-16-0), depositando el fertilizante en el surco a chorrillo y luego cubriéndolo con una pequeña capa de tierra para que no quedara en contacto directo con la semilla. La cantidad de fertilizante que se aplicó se basó en los requerimientos del cultivo de sorgo bajo riego (80 kg. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 60 kg. N ha<sup>-1</sup> para suelos con <50 ppm de K disponible), análisis de suelo y recomendaciones técnicas de nuestro asesor.

#### **3.1.5.2.1.3. Segunda aplicación.**

La segunda aplicación se realizó 30 días después de la primera con el aporco, la cual se efectuó a chorro seguido por cada uno de los surcos y por

cada tratamiento, la cantidad de fertilizante que se aplico fue igual para cada tratamiento y el fertilizante que se utilizo fue Sulfato de Amonio  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ .

#### **3.1.5.2.1.4. Tercera aplicación.**

La tercera aplicación se llevo 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, período en el cual el cultivo toma aproximadamente el 70 % de los nutrientes requeridos para un optimo desarrollo y se aplico Sulfato de Amonio  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ , siempre tomando en cuenta los requerimientos del cultivo y análisis de suelo.

#### **3.1.5.2.1.5. Control de malezas.**

Al inicio del estudio no se tuvo la necesidad de efectuar control de malezas debido a que se inicio 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 el evitar el reservorio de plagas y enfermedades en el cultivo en estudio. Cabe destacar que no se hizo uso de herbicidas por temor a que estos productos químicos infringieran algún tipo de cambio en el resultado de los análisis bromatológicos.

#### **3.1.5.2.1.6. Riego.**

La aplicación de agua de riego se llevo a cabo mientras se estableció la época lluviosa, mencionando que casi fue un mes y medio el que se aplico el agua de riego ya que en el mes de mayo las lluvias fueron muy tenues o pocas.

La necesidad de agua del cultivo ETC se determino o calculo usando el valor de evapotranspiración potencial promedio del cultivo (ETP), mediante la ecuación de Hearguaves y el coeficiente del cultivo ( $K_c$ ) de 1.00 reportado por el Doctor Albert Avidan (20).

Formula:

$$ETC = ETP \times Kc.$$

Donde:

ETC= Máximo uso consuntivo (mm/día).

ETP= Evapotranspiración potencial.

Kc= Coeficiente del cultivo máximo (1.00).

Para el cálculo de la evapotranspiración (ETP) se empleo la siguiente formula:

$$ETP = ETO = 0.0023 \times RA (TM + 17.8) \sqrt{17.4}$$

Donde:

RA= Temperatura media

TM= Temperatura media + temperatura mínima.

TD= Temperatura media.

$$RA = \text{Latitud: } 12^\circ = 15.7$$

$$\text{Latitud: } 14^\circ = 15.7$$

Radiación extraterrestre

expresada como el poder evaporante de la misma (mm/día) en base a la latitud del lugar.

$$ETP = 0.0023 \times RA (TM + 17.8) \sqrt{17.4}$$

$$ETP = 0.0023 \times 15.7 (31.4 + 17.8) \sqrt{17.4}$$

$$ETP = 0.03611 \times 49.20 \times 4.171$$

$$\mathbf{ETP = 7.41 \text{ mm/día.}}$$

Ahora:

$$ETC = ETP \times Kc.$$

$$ETC = 7.41 \times 1.00.$$

$$\mathbf{ETC = 7.41 \text{ mm/día.}}$$

Posterior a calcular las necesidades de agua del cultivo se calculo la lamina neta (DN).

Formula:

$$DN = ETC \times IR.$$

Donde:

DN= Lamina neta (mm).

ETC= Máximo uso consuntivo.

IR= Intervalo de riego fijo: 3 riegos por semana.

$$DN = ETC \times IR.$$

$$DN = 7.41 \text{ mm/día} \times 3 \text{ días}$$

$$\mathbf{DN = 22.23 \text{ mm.}}$$

Después se determino la Lamina bruta (DB). La cual es la cantidad de agua de riego aplicada al cultivo considerando la eficiencia del sistema de riego el cual se estimo aproximadamente en un 75%. El calculo de esta se hizo a partir de la lámina neta de riego aplicando la siguiente formula:

$$DB = \frac{DN \times 100}{ER}$$

En donde:

DB= Lamina bruta de riego.

DN= Lamina neta.

ER= Eficiencia de riego.

$$DB = \frac{DN \times 100}{ER}$$

$$DB = \frac{22.23 \text{ mm} \times 100}{75}$$

$$\mathbf{DB = 29.64 \text{ mm.}}$$

A continuación se procedió a determinar la intensidad de aplicación (IA), la cual es la lámina de agua descargada por el aspersor durante una hora operando a una presión determinada dentro de un marco de espaciamiento entre aspersores.

Formula:

$$IA = \frac{Qa \text{ m}^3/h}{(SI \times Sm) \text{ m}^2}$$

Donde:

Qa= Caudal del aspersor

SI= Espaciamiento entre aspersores (m)

Sm= Espaciamiento entre laterales (m)

$$Ia = \frac{1.46 \text{ m}^3/h}{15 \text{ m.} \times 15 \text{ m.}}$$

$$Ia = 0.00649 \text{ m./h} \times \frac{1000 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}}$$

$$\mathbf{Ia = 6.49 \text{ mm/h}}$$

Finalmente se determino el tiempo de riego el que consiste en el tiempo necesario de la lámina máxima, cuando el aspersor trabaja con una intensidad de aplicación dada, a partir de sus respectivas láminas brutas.

Para calcular el tiempo de riego de la lamina máxima se utilizo la formula siguiente.

$$Tr = \frac{DB}{Ia}$$

Donde: DB = Lamina bruta

Ia = Intensidad de aplicación

$$\text{Tr} = \frac{29.64 \text{ mm.}}{6.49 \text{ mm./h}}$$

**Tr= 4 horas.**

#### **3.1.5.2.1.7. Aporco.**

Los aporcocos realizados en el cultivo se llevaron a cabo cuando las plantas tenían un tamaño de 10 cm. aproximadamente (18 días) y el segundo a los 30 días respectivamente después de la siembra, aprovechando además con el segundo aporcó la segunda aplicación de fertilizante químico.

Ambos aporcocos se realizaron 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 ocurrieran pérdidas de los fertilizantes por el lavado y la volatilización; obteniendo así un mayor aprovechamiento.

#### **3.1.5.2.1.8. Control de plagas y enfermedades.**

Para el control de plagas se hizo uso de insecticidas químicos. Las aplicaciones realizadas iniciaron con el tratamiento de la semilla con Caucho 70 WP, para lograr controlar las plagas que se presentasen en el suelo.

Posteriormente se realizaron 3 aplicaciones de Rienda con el objeto de controlar al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), que atacó de manera homogénea a todos los tratamientos; la dosis utilizada fue de una copa Bayer por Bomba de 16 litros.

Además otra plaga que causó daños considerables en las panojas fueron los pájaros. Para tratar de ahuyentarlos se colocaron cinta de casete alrededor del área del experimento, así como también con el uso de pólvora (cuetes) logrando contener un poco su ataque.

En cuanto al control de enfermedades no fue necesario realizar ningún tipo de aplicación ya que no se presentaron daños por enfermedades.

### **3.1.6. Metodología estadística.**

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 m<sup>2</sup> (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 (Figura A-1).

#### **3.1.6.1. Diseño estadístico.**

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 m<sup>2</sup> (0,0544 ha.), dejando 2 m. entre bloque y 2 m entre tratamiento (fig. A-1); el área de cada tratamiento fue de 16 m<sup>2</sup> (4 m. de largo por 4m de ancho) y el área de la parcela útil fue de 4 m<sup>2</sup> (2 m de largo por 2 m de ancho) (Fig. A-2). 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.

#### **3.1.6.2. Modelo estadístico.**

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$ = Igual observaciones individuales.

$\mu$  = Media global

$T_i$  = efecto del  $i$  – eximo tratamiento

$B_i$  = efecto del  $i$  – eximo bloque

$E_{ij}$  = Error experimental

### **3.1.6.3. Factores dentro de los tratamientos.**

En el ensayo se midieron tres tratamientos que comprenden las tres variedades en estudio, las variables las cuales estuvieron comprendidas en el diámetro de tallo, la altura de planta, el rendimiento de biomasa y la calidad nutritiva dentro de la cual se encuentra la variable humedad parcial, humedad total, cenizas, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y carbohidratos.

### **3.1.7. Toma de datos.**

#### **3.1.7.1. Diámetro de planta (cm).**

Esta variable 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 tomo 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.

### **3.1.7.2. Altura de planta (m).**

Al igual que el diámetro esta variable se tomo 6 veces para las variedades CENTA S-2, CENTA S-3 y 5 veces para la variedad RCV. Estas se tomaron cada 15 días después de sembrado el sorgo. También se tomaron 10 plantas muestra por área útil de cada parcela. La medición de la planta fue tomada desde la base del tallo hasta la base del cogollo, para realizar esta medición se utilizo una cinta métrica graduada en tres metros; estas alturas 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 de biomasa (kg/ha).**

Se extrajo del área experimental cada una de las variedades de sorgo en estudio que se encontrara en estado masoso-lechoso, que es el punto óptimo en el cual se debe cosechar para la elaboración de ensilaje. Cabe destacar que ninguna de las variedades coincidieron en su día de cosecha (primero fue la variedad RCV, segundo CENTA S-3 y la ultima fue la variedad CENTA S-2). La muestra se tomo del área útil que albergaba un promedio de 96 plantas (4 m<sup>2</sup>). La cosecha se realizo cortando las plantas y despojándola de su panoja con la ayuda de tijeras de podar, 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 procedió al pesado de los 18 tratamientos en estudio y poder determinar de esta manera, la diferencia existente entre las variedades de sorgo en cuanto a rendimiento en biomasa.

#### **3.1.7.4. Calidad nutritiva.**

Para la determinación de la calidad nutritiva (Cuadro 26) se procedió al picado del forraje y las panojas (por separado) en una picadora de forraje eléctrica. Después se mezcló homogéneamente el material (forraje más panojas) en una relación 14:2 para obtener una muestra representativa de 1lb por cada tratamiento, en total fueron 18 muestras de forraje, las cuales fueron recibidas en bolsas plásticas y llevadas desde San Miguel hasta UES San Salvador en una hielera para mantener la frescura del material y que no experimentara fermentación. En el laboratorio fueron recibidas con números de ingreso siguientes: N° 32 al 37 que corresponde a la variedad RCV (27/06/06); N° 38 al 43 que corresponde a la variedad CENTA S-3 (4/07/06) y N° 44 al 49 que es la variedad CENTA S-2 (11/07/06). La metodología utilizada para determinar la calidad nutritiva fue la siguiente.

##### **3.1.7.4.1. Determinación de % de humedad parcial.**

###### **3.1.7.4.1.1. Fundamento.**

Pérdida del agua no ligada por calentamiento de la muestra en una estufa de aire reforzado a una temperatura de 60° C durante 24 horas.

###### **3.1.7.4.1.2. Equipo.**

- Balanza semi analítica.
- Estufa de aire reforzado.
- Desecador de gabinete.

###### **3.1.7.4.1.3. Materiales.**

- Bolsas de papel.
- Pinzas tipo tijera.

- Lápiz graso
- Tijera de podar.

#### **3.1.7.4.1.4. Procedimiento.**

El material se corto con las tijeras en trozos pequeños, se homogenizo para que la muestra fuera representativa. Se introdujo en las bolsas de papel previamente pesadas (peso de bolsas vacías) e identificadas según el tipo de muestra. Además, las bolsas se perforaron para que el aire pudiera circular entre las muestras. Luego se pesaron nuevamente y se anoto como peso de bolsas más muestra antes de secar. Las bolsas se colocaron dentro de una estufa a 60° C por 24 horas.

Luego de este período, se sacaron las bolsas con las pinzas, se colocaron dentro de un desecador por media hora y se pesaron (peso de bolsa más muestra después de secar).

#### **3.1.7.4.1.5. Cálculos.**

- (peso de bolsa + muestra) – peso bolsa vacía = Peso de muestra.
- [peso de bolsa muestra antes de secar] - [peso bolsa + muestra después de secar] = Pérdida de peso.
- % de humedad parcial =  $\frac{\text{Pérdida de peso}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$  (45).

#### **3.1.7.4.2. Determinación de % de humedad total.**

##### **3.1.7.4.2.1. Fundamento.**

Perdida del agua fuertemente ligada en la muestra por desecación en una estufa de vacío, a una temperatura de 105° C por 5 horas y 5 PSI de presión.

#### **3.1.7.4.2.2. Equipo.**

- Estufa de vacío.
- Bomba de vacío.
- Balanza analítica.
- Desecador.
- Molino Willey con tamiz de 1mm.

#### **3.1.7.4.2.3. Materiales.**

- Cajas de aluminio.
- Pinzas tipo tijera.

#### **3.1.7.4.2.4. Procedimiento.**

Las cajas de aluminio se calentaron previamente en una estufa a 105° C por 2 horas, se colocaron en el desecador y después de media hora se pesaron (peso de caja vacía). A continuación se agregaron aproximadamente 2 gramos de muestra molida y se peso (peso de caja más muestra antes de secar) y se identifico. Luego se colocaron las cajas destapadas en la estufa a 105° C por 5 horas. Después de este tiempo se sacaron las cajas con las pinzas, se taparon y se colocaron en el desecador por media hora y se pesaron (peso de caja más muestra después de secar).

#### **3.1.7.4.2.5. Cálculos.**

- $(\text{peso de caja} + \text{muestra}) - \text{peso caja vacía} = \text{Peso de muestra.}$
- $[\text{peso caja} + \text{muestra antes de secar}] - [\text{peso caja} + \text{muestra después de secar}] = \text{Pérdida de peso.}$

- % de humedad total =  $\frac{\text{Pérdida de peso}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$  (45).

### **3.1.7.4.3. Determinación de % de cenizas.**

#### **3.1.7.4.3.1. Fundamento.**

Incineración de la muestra en horno de mufla a 550° C por 2 horas para quemar todo el material orgánico.

#### **3.1.7.4.3.2. Equipo.**

- Horno de mufla.
- Balanza analítica.
- Desecador.

#### **3.1.7.4.3.3. Materiales.**

- Crisoles de porcelana.
- Pinzas tipo tijera.

#### **3.1.7.4.3.4. Procedimiento.**

Se calentaron los crisoles de porcelana en una estufa por 2 horas a 105°C, se sacaron y se enfriaron en el desecador. Se pesaron aproximadamente 2 gramos de muestra, se identificaron y se colocaron los crisoles en el horno de mufla. Se dejó un poco abierto al principio para la salida de gases como CO y CO<sub>2</sub>, luego se cerró y se puso a 550° C por 2 horas. Después de este periodo se abrió el horno para que se enfriase y se sacasen las muestras, se colocaron en un desecador y se pesaron.

#### **3.1.7.4.3.5. Cálculos.**

- (peso de crisol + muestra) – peso crisol vacío = Peso de muestra.

- (peso de crisol + muestra después de calcinar) – peso crisol vacío = Peso de ceniza.
- % de ceniza =  $\frac{\text{Peso de ceniza}}{\text{Peso de muestra (45)}} \times 100$ .

#### **3.1.7.4.4. Determinación de nitrógeno por el método de microkjeldahl (% proteína).**

##### **3.1.7.4.4.1. Fundamento.**

###### 1. Digestión:

Destrucción de la materia orgánica por acción del ácido sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado y caliente. El carbón es oxidado y el nitrógeno reducido a amoníaco NH<sub>3</sub> en presencia de catalizadores. El NH<sub>3</sub> desprendido queda fijado en el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> como sulfato de amonio, que es estable en condiciones de trabajo.

###### 2. Destilación:

El NH<sub>3</sub> es recogido en un volumen conocido de ácido bórico, formándose borato de amonio.

###### 3. Valoración:

El borato de amonio se titula con ácido clorhídrico HCL, empleando un indicador que es una mezcla de azul de metileno y rojo de metileno.

##### **3.1.7.4.4.2. Equipo.**

- Aparato de micro kjeldahl digestión y destilación.
- Balanza analítica.
- Balanza semianalítica.

#### **3.1.7.4.4.3. Materiales.**

- Balones de micro kjeldahl de 100ml.
- Erlenmeyer de 125ml.
- Probetas de 10 y 25ml.
- Bureta de 25ml.
- Soporte para bureta.
- Papel filtro.
- Perlas de vidrio.

#### **3.1.7.4.4.4. Reactivos.**

- Oxido amarillo de mercurio.
- Sulfato de potasio.
- Acido sulfúrico concentrado.
- Granallas de zinc.
- Solución de hidróxido de sodio 50%.
- Solución de ácido bórico 4%.
- Solución de tiosulfato de sodio 8%.
- Acido clorhídrico 0.1 N.
- Indicador azul de metileno-rojo de metileno.

#### **3.1.7.4.4.5. Procedimiento.**

##### 1. Digestión:

Se peso en papel filtro más ó menos 0.1 gr. de muestra en la balanza analítica, se colocó en un balón de micro kjeldahl de 100ml. Se agrego 1.5 gr. de sulfato de potasio más 0.1 gr. de óxido de amarillo de mercurio y 6 ml. de ácido sulfúrico concentrado. Se agito por 5 minutos y se puso a digerir en el aparato, posteriormente se conecta el sistema de extracción de vapores y se mueven constantemente los balones hasta que la solución este clara, más o menos 55 minutos.

##### 2. Destilación:

Se retiraron los balones y se enfriaron, agregando agua destilada hasta la mitad de los balones y se esperó a que se enfriaran.

A continuación se agregaron 3.5 ml de solución de tiosulfato de sodio 8%, 4 perlas de vidrio, 2 granallas de zinc y 25 ml de solución de hidróxido de sodio 50%.

Posteriormente se recibió el destilado en el erlenmeyer de 125 ml con 15 ml de solución de ácido bórico 4% más 2 gotas de indicador azul de metileno-rojo metileno, y se colocó en el aparato.

Luego se destiló aproximadamente 30 ml, se dejó enfriar y se tituló con solución de ácido clorhídrico 0.1 N.

#### **3.1.7.4.4.6. Cálculos.**

El porcentaje de nitrógeno se calcula con la siguiente fórmula:

$$\bullet \quad \% N = \frac{\text{ml HCL muestra} * N * 0.014 *}{\text{Peso de muestra (gr.)}} \times 100$$

- $\% \text{ proteína} = \% \text{ de nitrógeno} * \text{Factor}$ .

El factor a ocupar depende de la muestra en cuestión. Para estos análisis se utilizó el factor 6.25 que corresponde a muestras de origen vegetal (45).

#### **3.1.7.4.5. Determinación de extracto etéreo por el método de soxhlet (% grasa).**

##### **3.1.7.4.5.1. Fundamento.**

El éter se evapora y condensa continuamente extrayendo materiales solubles cuando pasa por una muestra deshidratada, el extracto se recoge en un recipiente pesado y al terminar el éter se recolecta y la grasa queda en el recipiente, se seca y se pesa. La extracción se debe al contacto de la muestra con un solvente por largo período.

##### **3.1.7.4.5.2. Equipo.**

- Aparato de extracción de grasa soxhlet.
- Balanza analítica.
- Estufa de vacío.
- Desecador.

##### **3.1.7.4.5.3. Materiales.**

- Dedales para extracción de grasa.
- Algodón.
- Papel filtro.
- Balones para grasa.

- Beaker de 250 ml.
- Pinzas tipo tijera.

#### **3.1.7.4.5.4. Reactivos.**

- Éter de petróleo.

#### **3.1.7.4.5.5. Procedimiento.**

Se pusieron a secar en una estufa los balones para grasa, se colocaron en el desecador, se pesaron e identificaron. En papel filtro se pesaron 2 gr. de muestra, se doblo y se coloco en los dedales, cubriéndolo con algodón.

Los dedales se colocaron en las cornetas del aparato y se adaptaron a los balones de grasa. Se agrego aproximadamente 200 ml. de éter de petróleo y se puso a funcionar por 5 horas. Después de este tiempo se retiro el dedal y se empezó a recuperar el éter, hasta que se evaporo completamente del balón de grasa. Los balones se colocaron en la estufa a secar, se enfriaron en desecador y se pesaron.

#### **3.1.7.4.5.6. Cálculos.**

- $\text{Peso de muestra} = (\text{papel filtro} + \text{muestra}) - \text{papel filtro vacío.}$
- $\text{Peso del extracto etéreo} = (\text{recipiente} + \text{extracto etéreo}) - \text{recipiente vacío.}$
- $\% \text{ E.E ó } \% \text{ grasa} = \frac{\text{peso de extracto etéreo}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$   
Peso de muestra (45).

### **3.1.7.4.6. Determinación de % de fibra cruda.**

#### **3.1.7.4.6.1. Principio del método.**

Consiste en digerir la muestra desengrasada primero con ácido sulfúrico 1.25% y luego con hidróxido de sodio 1.25 %, lavando el material después de cada digestión con suficiente agua destilada caliente hasta eliminación de ácido ó álcali de material.

La muestra se lava después con alcohol, seca y calcina, calculándose el porcentaje de fibra obtenido después de la calcinación.

#### **3.1.7.4.6.2. Equipo.**

- Extractor de fibra cruda.
- Estufa eléctrica.
- Horno de mufla.
- Balanza analítica.
- Desecador de gabinete.
- Bomba para vacío.

#### **3.1.7.4.6.3. Materiales.**

- Beakers Berzelius forma alta sin vertedero, capacidad 600 ml.
- Crisol de Gooch de 25 ml.
- Soporte Walter para crisol de Gooch.
- Lienzo para filtración N° 40 aproximadamente 20 cm<sup>2</sup> o tela pinzas para beaker.
- Frascos kitasato de 250 ó 50 ml.

- Embudos de vidrio boca ancha.
- Espátula de acero inoxidable 1 litro de capacidad.
- Soportes de madera para embudos.
- Probeta de 200 ml.
- Beakers de vidrio de 100 ml.

#### **3.1.7.4.6.4. Reactivos.**

- Solución ácido sulfúrico. 0.255 más ó menos 0.005 N.
- Disolver 1.25 gr. de ácido sulfúrico concentrado en 800 ml de agua destilada y aforar a 1,000 ml con agua destilada.
- Solución hidróxido de sodio 0.313 más o menos 0.005 N destilada y completar a 100 ml.
- Alcohol metílico, etílico o isopropílico. Calidad reactivo analítico.
- Indicador anaranjado metílico al 1% en alcohol etílico.
- Indicador fenolftaleína al 1% en alcohol etílico.
- Fibra de asbesto preparada. Se calentó en una capsula de porcelana fibra de asbesto ácida a una temperatura de 60°C durante 16 horas. Se enfrió y luego se puso a digerir en un tiempo de media hora con solución de ácido sulfúrico 1.25%, se lavo con agua aliente, se coloco a digerir nuevamente otra media hora con solución de hidróxido de sodio 1.25%, se lavo con agua, se seco y se calcino durante 2 horas a 600° C en horno o mufla.

#### **3.1.7.4.6.5. Procedimiento.**

- Se puso la muestra desengrasada en un beaker de 600 ml que contenía 200 ml de solución ácido sulfúrico al 1.25%.
- Luego se peso en balanza analítica 0.5 gr. de fibra de asbesto preparada y se agrego al beaker.
- Se coloco el beaker en el aparato de digestión, y se dejo hervir exactamente 30 minutos girando el beaker cada 5 minutos para evitar que las partículas sólidas se adhieran a las paredes del recipiente.
- Posteriormente retiraron el beaker del aparato de digestión, al terminar los treinta minutos; se filtro a través de la tela especial puesta en el embudo y recibir las aguas de lavado en un beaker limpio.
- A continuación se lavaron los residuos que quedaron sobre el filtro con agua destilada hirviendo, hasta que las aguas de lavado no dieran reacción ácida, lo que se comprueba con anaranjado de metilo.
- Al beaker original se le agregaron 200 ml de solución de NaOH 1.25% se puso a hervir y cuando estaba hirviendo se agrego el residuo de está sobre el filtro.
- Se hirvió durante 30 minutos, se lavo siempre con agua destilada hirviendo como en el paso anterior y se comprobó la ausencia de reacción alcalina con indicador fenolftaleína.

- Se paso el residuo cuantitativamente a un crisol de Gooch que contenía una capa uniforme de asbesto, y se coloco en el frasco de kitasato.
- Se agregaron 15 ml de alcohol (etílico, metílico, propílico) y se filtro aplicando succión.
- Luego se seco el crisol de Gooch y su contenido en una estufa a una temperatura de 130° C durante dos horas, se coloco en desecador y se peso. Después se calcino a 600° C durante 30 minutos, nuevamente se pone en desecador, se enfrió y peso. La pérdida de peso es considerada como fibra cruda.

#### **3.1.7.4.6.6. Cálculos.**

- $F.C. = \frac{\text{Pérdida de peso después de calcinada a } 600^{\circ} C \times 100}{\text{Peso de muestra usada en la determinación de E.E (62, 8 y 54)}}$ .

#### **3.1.7.4.7. Determinación de % de carbohidratos ó E.N.N. ó E.L.N.**

Se obtiene por diferencia aplicando la siguiente formula:

- $\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ proteína} + \% \text{ E.E cenizas} + F.C.)$ .

Algunos autores consideran este término como extracto libre de nitrógeno E.L.N.; como las tablas de composición de alimentos para Centro América. Y recomiendan, obtener este dato de la manera siguiente:

- $E.L.N. = 100 - (\% H + \% P + \% C + F.C. + \% E.E)$ .

Reportando siempre los resultados analíticos de los demás componentes en base seca (62, 8 y 24).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 4.1. Diámetro de tallo (cm).

En esta variable se evaluó el 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, los cuales se muestran en los cuadros A-1, A-2, A-3, A-4, A-5 Y A-6.

#### 4.1.1. Tratamiento.

Después de realizar los análisis de varianza correspondientes a los tratamientos estos demostraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0.01$ ) para la primera, tercera, cuarta, quinta y sexta mediciones (Cuadros A-7, A-9, A-10, A-11 y A-12), pero la medición que se realizó a los 30 días no mostró diferencias estadísticas significativas (Cuadro A-8). El diámetro promedio de tallos por tratamiento se presenta en el cuadro 3 y fig. 1.

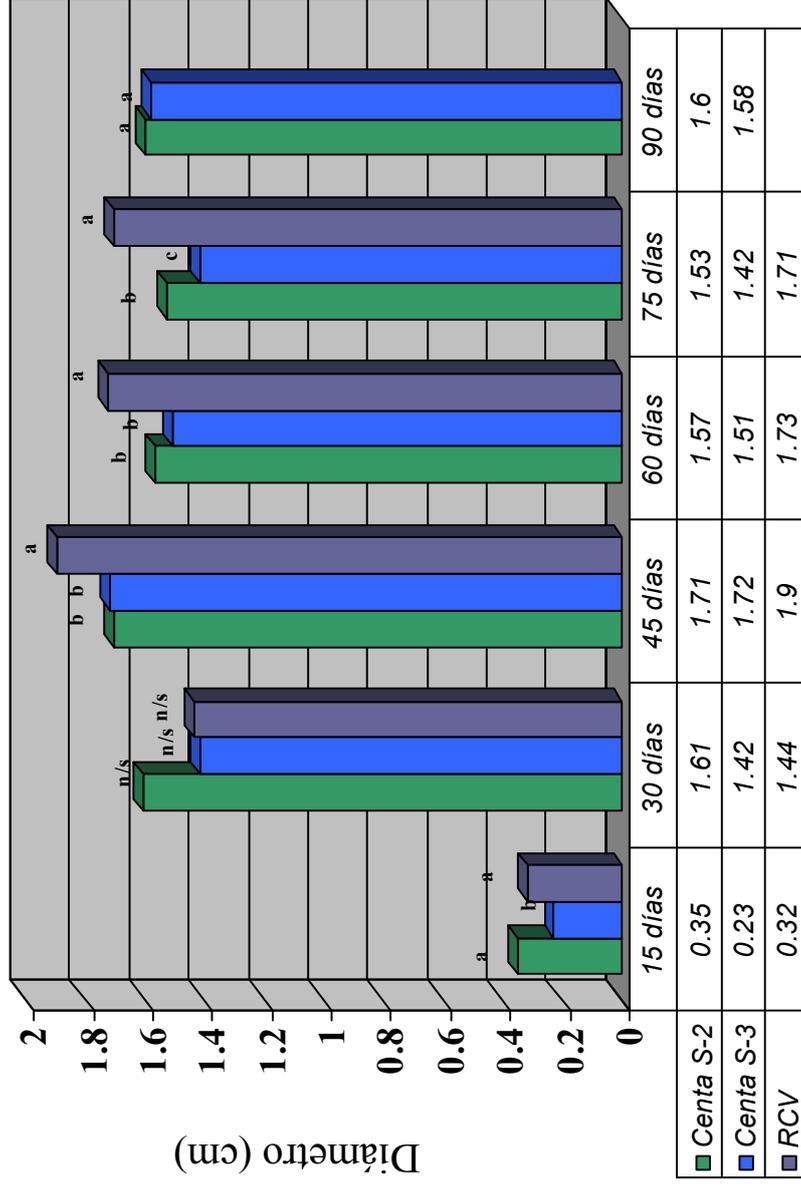
Los resultados de la prueba de Tukey, en la primera medición de diámetro, correspondientes a los primeros 15 días post-siembra (cuadro A-13) demostraron que existieron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre los tratamientos, donde el T1 y T3 fueron similares, pero superiores ambos que, T2. Observándose estos resultados en el cuadro 4 y fig. 2.

CUADRO 3. Diámetro promedio de tallos (cm) por tratamiento en las diferentes mediciones post-siembra (15, 30, 45, 60, 75 y 90 días).

| Variedad  | PERÍODO POST-SIEMBRA |                 |               |               |               |               |
|-----------|----------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|           | 15 Días              | 30 Días         | 45 Días       | 60 Días       | 75 Días       | 90 Días       |
| CENTA S-2 | 0.35 <b>a</b>        | 1.61 <b>n/s</b> | 1.71 <b>b</b> | 1.57 <b>b</b> | 1.53 <b>b</b> | 1.60 <b>a</b> |
| CENTA S-3 | 0.23 <b>b</b>        | 1.42 <b>n/s</b> | 1.72 <b>b</b> | 1.51 <b>b</b> | 1.42 <b>c</b> | 1.58 <b>a</b> |
| RCV       | 0.32 <b>a</b>        | 1.44 <b>n/s</b> | 1.90 <b>a</b> | 1.73 <b>a</b> | 1.71 <b>a</b> |               |
| X         | 0.30                 | 1.49            | 1.78          | 1.60          | 1.55          | 1.59          |

El análisis de varianza correspondiente a la segunda medición 30 días post-siembra (Cuadro A-8) 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. Detallándose los promedios por tratamiento en el cuadro 5 y fig.

En la prueba de Tukey realizada a la tercera medición de diámetro de tallo (45 días), (cuadro A-14), demostró diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $P < 0.01$ ) en donde T3 fue superior que T1 y T2 pero estos últimos se comportaron similares. Observándose los promedios por tratamiento en el cuadro 6 y fig. 4.



Período de medición.

Fig. 1. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamiento post-siembra 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días.

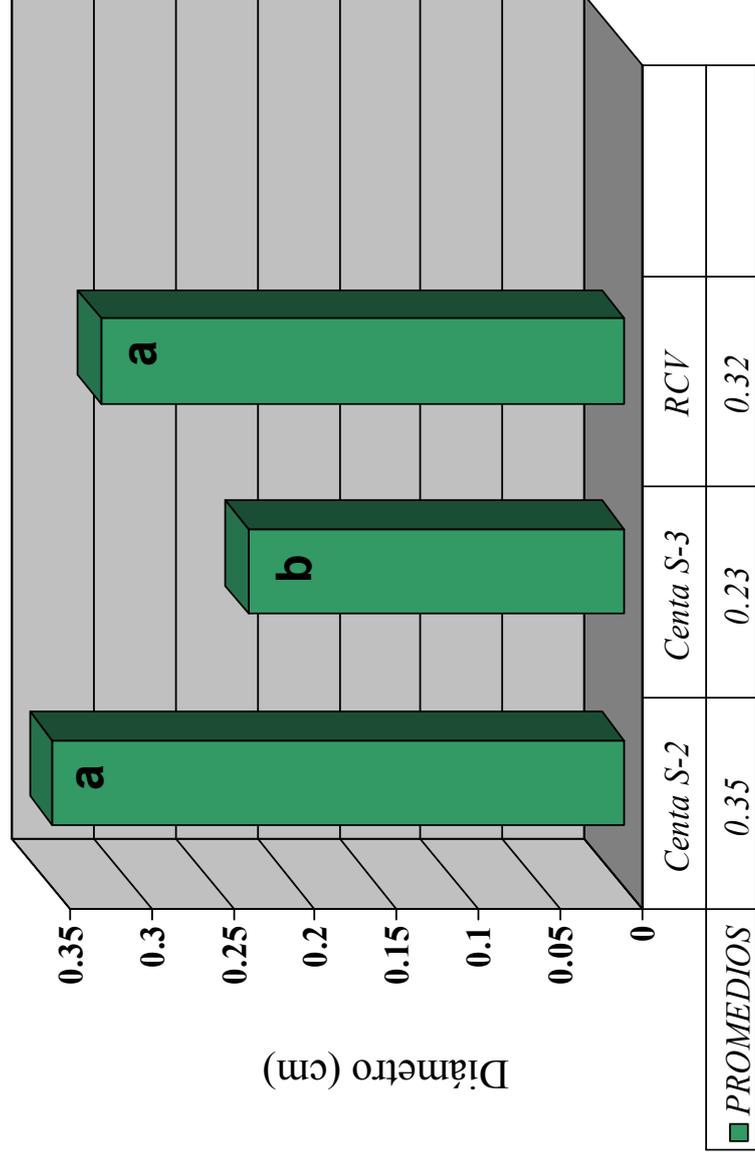
CUADRO 4. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamiento a los 15 días post-siembra.

| Variedad  | X             | Desviación estándar (cm) |
|-----------|---------------|--------------------------|
| CENTA S-2 | 0.35 <b>a</b> | ± 0.0683374              |
| CENTA S-3 | 0.23 <b>b</b> | ± 0.0172240              |
| RCV       | 0.32 <b>a</b> | ± 0.0301109              |

La prueba de Tukey que se realizó al diámetro de tallo (cm) en la cuarta medición (60 días), (cuadro A-15), demostró que si existieron diferencias estadísticas con una ( $P < 0.01$ ), en donde el superior fue el T3, seguido de T1 y T2 los cuales se comportaron estadísticamente similares. Detallándose los promedios por tratamiento en el cuadro 7 y fig. 5.

Con la prueba de Tukey que se realizó a la quinta medición de diámetro de tallo (cm.), (cuadro A-16), esta mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos con probabilidades de ( $P < 0.01$ ) y ( $P < 0.05$ ), siendo superior el T3 seguido de T1 y T2. Mostrando los promedios por tratamiento en el cuadro 8 y fig. 6.

En la sexta medición de diámetro de tallo (90 días) los datos obtenidos presentaron un comportamiento similar en la prueba de Tukey (cuadro A-17) para los tratamientos T1 y T2 con una probabilidad de ( $P < 0.01$ ) no así el T3 que no llegó a esa fecha de medición ya fue cosechado antes de los 90 días. Obsérvese los promedios por tratamiento en el cuadro 9 y fig. 7.



Tratamientos

Fig. 2. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamientos en la primera medición (15 días post-siembra).

CUADRO 5. Diámetro promedio de tallo (cm.) por tratamiento a los 30 días post-siembra.

| Variedad  | X          | Desviación estándar (cm) |
|-----------|------------|--------------------------|
| CENTA S-2 | 1.610 n/s. | ± 0.09974969             |
| CENTA S-3 | 1.416 n/s. | ± 0.18843213             |
| RCV       | 1.443 n/s. | ± 0.15945741             |

En resumen (cuadro 3 y fig. 1) el diámetro de tallo por tratamiento de las 6 mediciones realizadas (15, 30, 45, 60, 75 y 90 días) reflejo diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.01$ ) y no significativas ( $P > 0.01$ ), 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 mostró el mejor promedio, seguidos de CENTA S-2

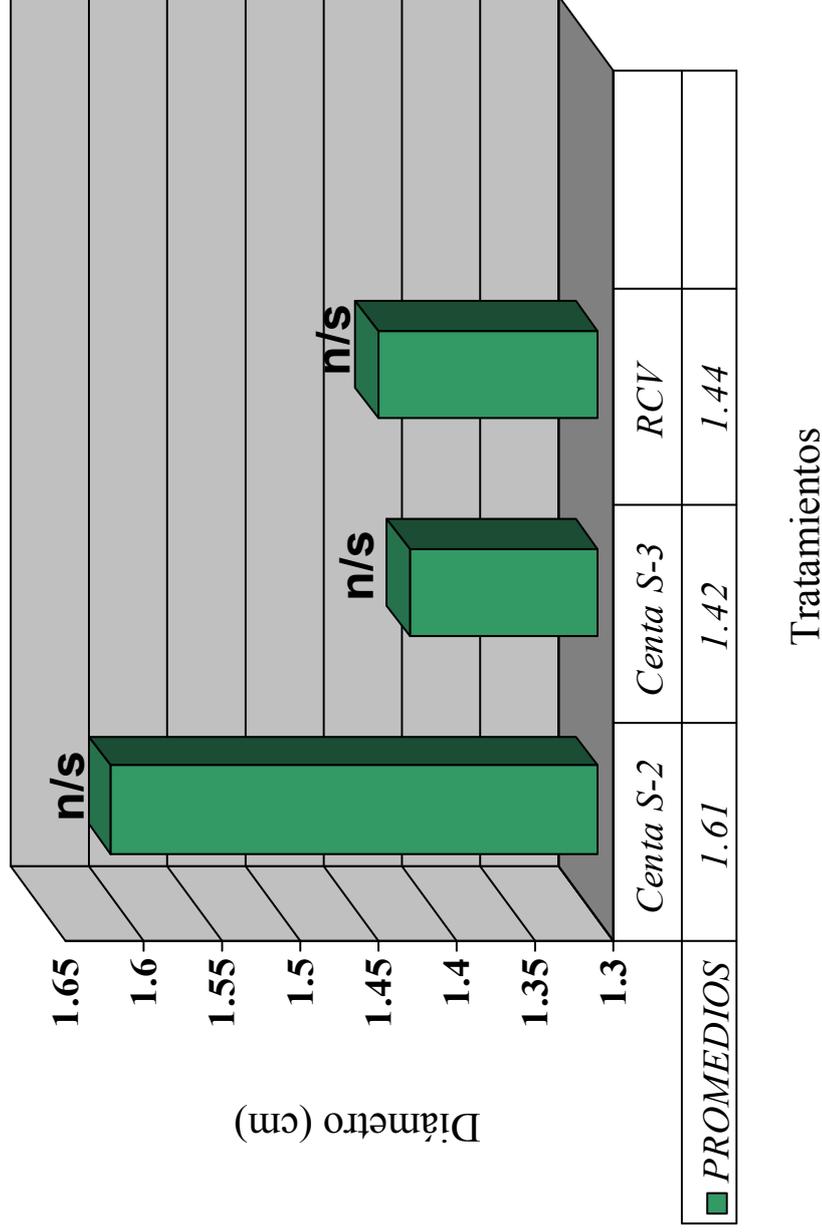


Fig. 3. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamientos en la segunda medición (30 días post-siembra).

CUADRO 6. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamiento a los 45 días post-siembra.

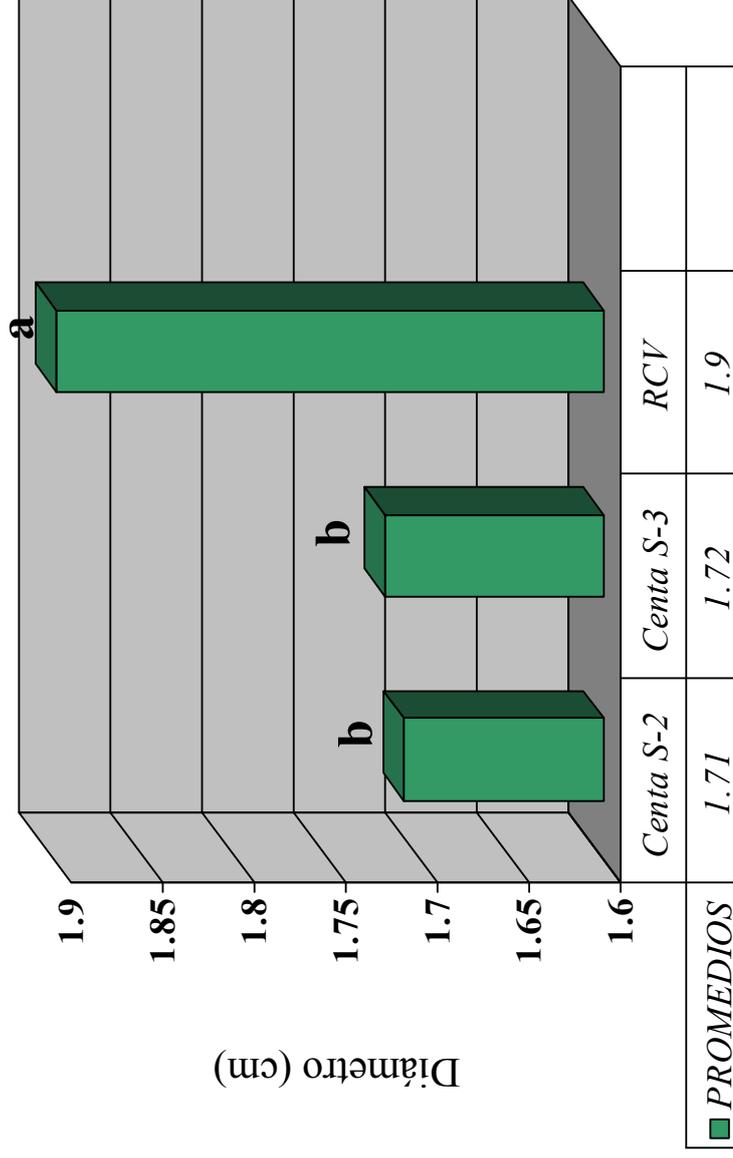
| Variedad  | X             | Desviación estándar (cm) |
|-----------|---------------|--------------------------|
| CENTA S-2 | 1.71 <b>b</b> | ± 0.06220932             |
| CENTA S-3 | 1.72 <b>b</b> | ± 0.09031427             |
| RCV       | 1.90 <b>a</b> | ± 0.04543310             |

y CENTA S-3, los cuales se comportaron similares durante los dos períodos 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. De acuerdo al Ing. Henry Perla \*<sup>1</sup>, esto es debido a que en esa etapa de crecimiento la vaina de las hojas presentan un alto contenido de agua lo que hace que el diámetro de tallo aumente significativamente.

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 optima 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. En estas mediciones (quinta y sexta) se puede observar que el diámetro fue

---

- \*<sup>1</sup> Ing. Henry Alexi Perla Mendoza. Técnico Ingenio Chaparrastique.



Tratamientos

Fig. 4. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamientos en la tercera medición (45 días post-siembra)

CUADRO 7. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamiento a los 60 días post-siembra.

| Variedad  | X             | Desviación estándar (cm) |
|-----------|---------------|--------------------------|
| CENTA S-2 | 1.57 <b>b</b> | ± 0.06337718             |
| CENTA S-3 | 1.51 <b>b</b> | ± 0.07842194             |
| RCV       | 1.73 <b>a</b> | ± 0.04308906             |

disminuyendo de acuerdo al crecimiento de la planta y esto es respaldado por el Ing. Henry Perla, que menciona que a medida la planta inicia el período 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, además al volverse más lignificada la planta pierde las propiedades nutricionales en un porcentaje mucho menor que al momento de su punto óptimo de crecimiento.

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. En estas mediciones (quinta y sexta) se puede observar que el diámetro fue disminuyendo de acuerdo al crecimiento de la planta y esto es respaldado por el Ing. Henry Perla, 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.

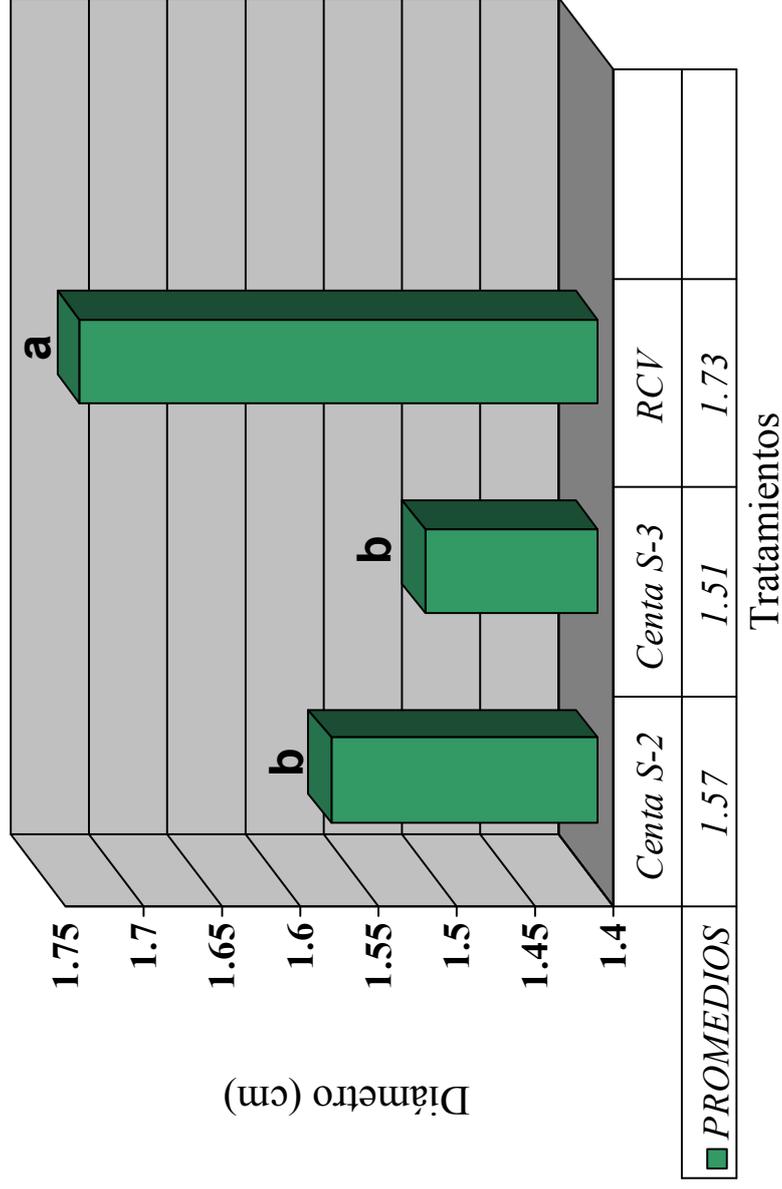


Fig. 5. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamientos en la cuarta medición (60 días post-siembra).

CUADRO 8. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamiento a los 75 días post-siembra.

| Variedad  | X             | Desviación estándar (cm) |
|-----------|---------------|--------------------------|
| CENTA S-2 | 1.53 <b>b</b> | ± 0.08914408             |
| CENTA S-3 | 1.42 <b>c</b> | ± 0.04490731             |
| RCV       | 1.71 <b>a</b> | ± 0.08921883             |

CUADRO 9. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamiento a los 90 días post-siembra.

| Variedad  | X             | Desviación estándar (cm) |
|-----------|---------------|--------------------------|
| CENTA S-2 | 1.60 <b>a</b> | ± 0.03060501             |
| CENTA S-3 | 1.58 <b>a</b> | ± 0.04324350             |
| --        | --            | --                       |

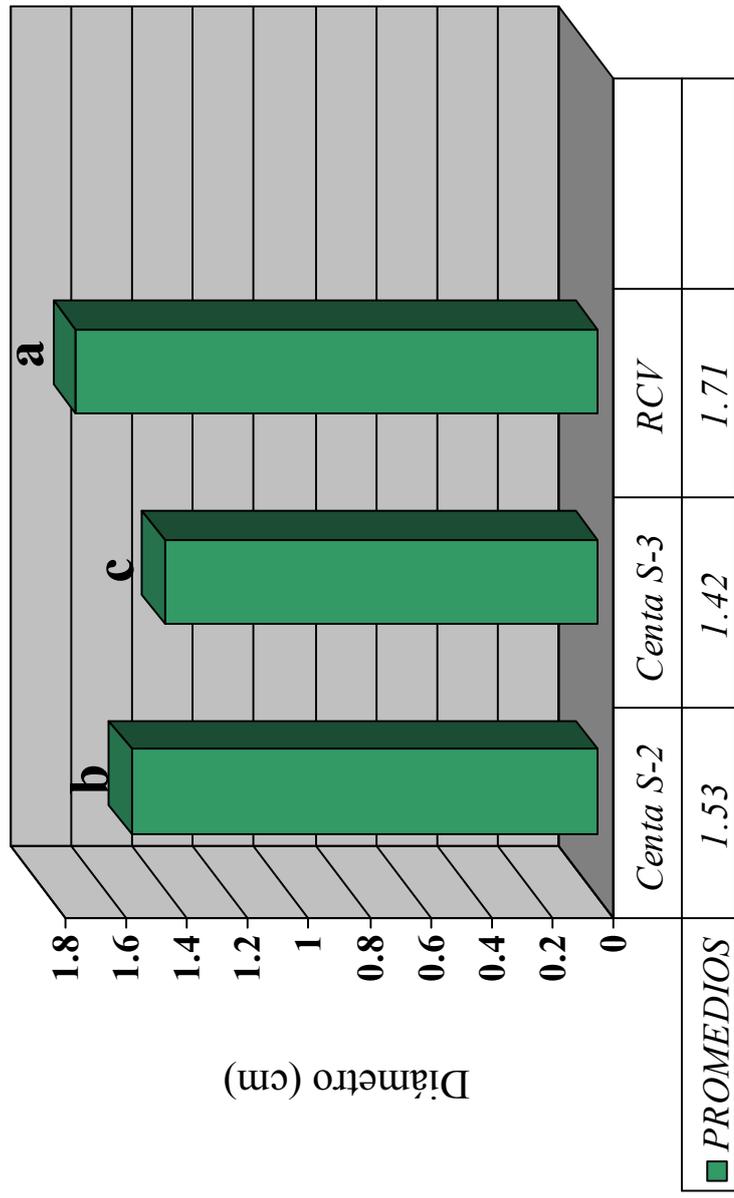


Fig. 6. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamientos en la quinta medición (75 días post-siembra).

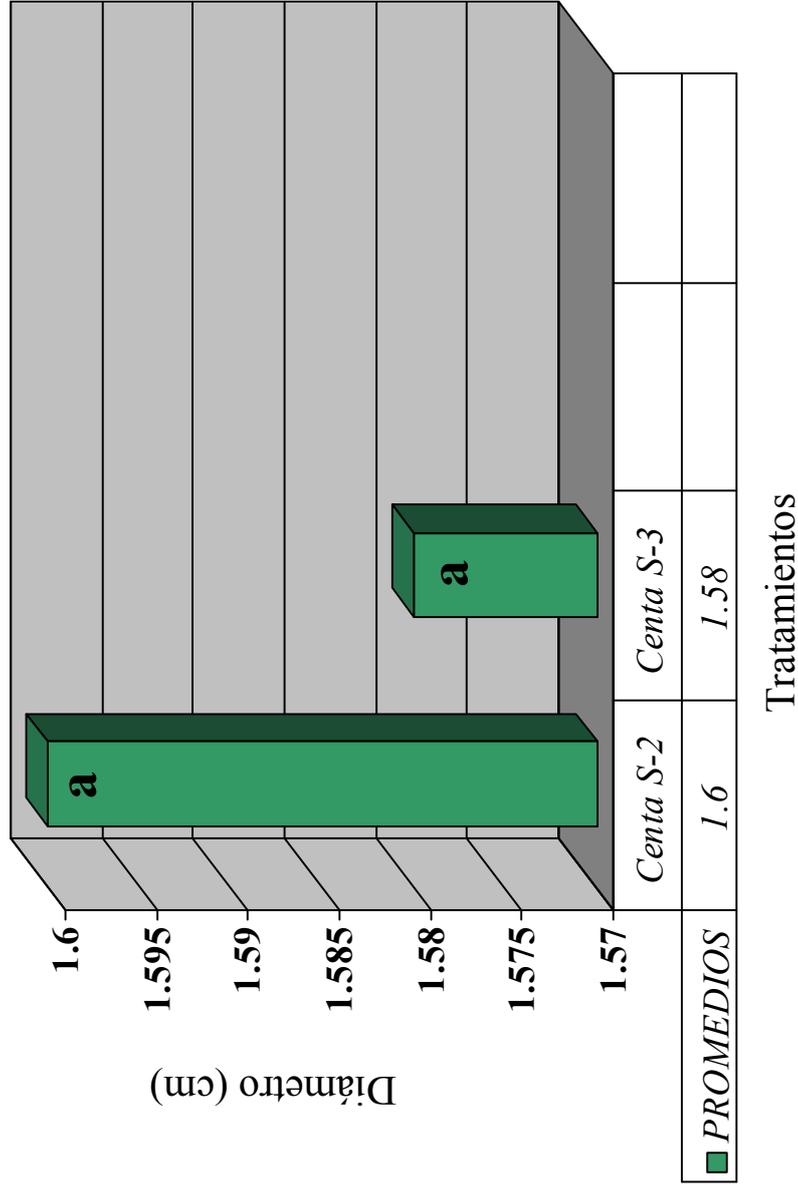


Fig. 7. Diámetro promedio de tallo (cm) por tratamientos en la sexta medición (90 días post-siembra).

## **4.2. Altura de planta (m).**

Al igual que el diámetro esta variable se tomo 6 veces para las variedades CENTA S-2, CENTA S-3 y 5 veces para la variedad RCV. Estas se tomaron cada 15 días después de sembrado el sorgo.

Para la medición de la variable altura de planta, se evaluó el crecimiento vertical de estas, en cada parcela útil. En las mediciones de cada parcela se obtuvo un promedio de 10 plantas por parcela, las cuales se midieron desde la base del tallo, hasta el inicio del cogollo. Los resultados promedios se presentan en los cuadros A-18, A-19, A-20, A-21, A-22, y A-23.

### **4.2.1. Tratamiento.**

Después de realizar los análisis de varianza que correspondían a los tratamientos estos presentaron diferencias estadísticas ( $P < 0.01$ ) y ( $P < 0.05$ ) y no significativas ( $P > 0.01$ ), para uno de los períodos de medición de la variable altura, siendo esto confirmado en los cuadros A-24, A-25, A-26, A-27, A-28 y A-29. La altura promedio de plantas por tratamiento se presenta en el cuadro 10 y fig. 8.

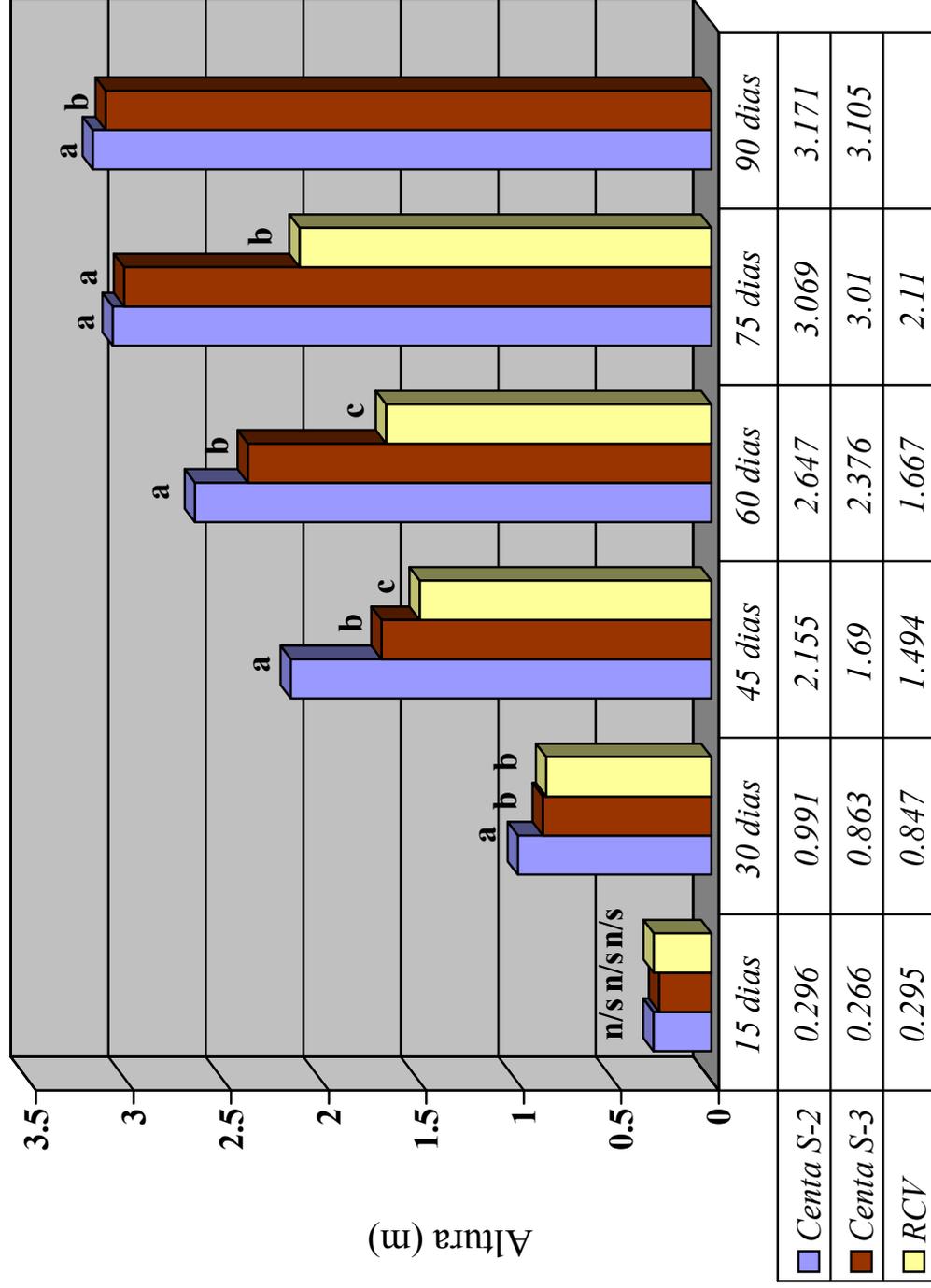
El análisis de varianza correspondiente a la primera medición de altura de planta (m), 15 días post-siembra (cuadro A-24) demostró que no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $P > 0.01$ ), por lo cual no se hizo ninguna prueba para determinar cual de los tratamientos fue mejor. Detallando los promedios por tratamiento en el cuadro 11 y fig. 9 El análisis de varianza realizado a los tratamientos que corresponden a la segunda medición 30 días de altura de planta (m) mostró significancia estadística (cuadro A-25) con una ( $P < 0.05$ ), por lo que se realizó la prueba de Tukey (cuadro A-30), en donde se obtuvieron diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ), siendo mejor el CENTA S-2 seguido por el CENTA S-3 y RCV que se

CUADRO 10. Altura promedio de plantas (m) por tratamiento en las diferentes mediciones post-siembra (15, 30, 45, 60, 75 y 90 días).

| Variedad  | PERÍODO POST-SIEMBRA |                |                |                |                |                |
|-----------|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|           | 15 Días              | 30 Días        | 45 Días        | 60 Días        | 75 Días        | 90 Días        |
| CENTA S-2 | 0.296 <b>n/s.</b>    | 0.991 <b>a</b> | 2.155 <b>a</b> | 2.647 <b>a</b> | 3.069 <b>a</b> | 3.171 <b>a</b> |
| CENTA S-3 | 0.266 <b>n/s.</b>    | 0.863 <b>b</b> | 1.690 <b>b</b> | 2.376 <b>b</b> | 3.010 <b>a</b> | 3.105 <b>b</b> |
| RCV       | 0.295 <b>n/s.</b>    | 0.847 <b>b</b> | 1.494 <b>c</b> | 1.667 <b>c</b> | 2.110 <b>b</b> |                |
| X         | 0.285                | 0.900          | 1.779          | 2.230          | 2.729          | 3.138          |

comportaron estadísticamente iguales. Obsérvese los promedios por tratamiento en el cuadro 12 y fig. 10.

El análisis de varianza realizado a los tratamientos que corresponden a la tercera medición 45 días de altura de planta (m), mostró significancia estadística (cuadro A-26), con una ( $P < 0.01$ ), por lo que se realizó la prueba de Tukey (cuadro A-31), en donde se obtuvieron diferencias estadísticas ( $P < 0.01$ ), siendo mejor el CENTA S-2 seguido por el CENTA S-3 y este mejor que la variedad RCV. Obsérvese los promedios por tratamiento en el cuadro 13 y fig. 11.



Período de medición.

Fig. 8. Altura promedio de plantas (m) por tratamiento post-siembra 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días.

CUADRO 11. Altura promedio de planta (m) por tratamiento a los 15 días post-siembra.

| Variedad  | X          | Desviación estándar (m) |
|-----------|------------|-------------------------|
| CENTA S-2 | 0.296 n/s. | ± 0.040123143           |
| CENTA S-3 | 0.266 n/s. | ± 0.036638780           |
| RCV       | 0.295 n/s. | ± 0.046480100           |

Posterior al análisis de varianza realizado a la variable altura (m), en la cuarta medición 60 días, el cual presento alta significación estadística ( $P < 0.01$ ), (cuadro A-27), se procedió a realizar el análisis estadístico mediante una prueba de Tukey (cuadro A-32), para conocer cual de los tratamientos es el mejor, mostrando al CENTA S-2 superior que los otros tratamientos, pero la variedad CENTA S-3 superior que la variedad RCV en cuanto ha altura de planta. En el cuadro 14 y fig. 12, se muestra el promedio por cada uno de los tratamientos.

Los resultados de la prueba de Tukey para la quinta medición 75 días de altura de planta (m), (Cuadro A-33), demostraron diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $P < 0.01$ ), mostrándose el CENTA S-2 y CENTA S-3 iguales estadísticamente y ambos superiores que RCV. En el cuadro 15 y fig. 13, se observan los promedios por tratamiento.

En la prueba de Tukey realizada a la sexta medición de altura de planta 90 días (cuadro A-34), mostró diferencia estadística altamente significativa ( $P < 0.01$ ), en donde el mejor tratamiento fue la variedad CENTA -2, seguido

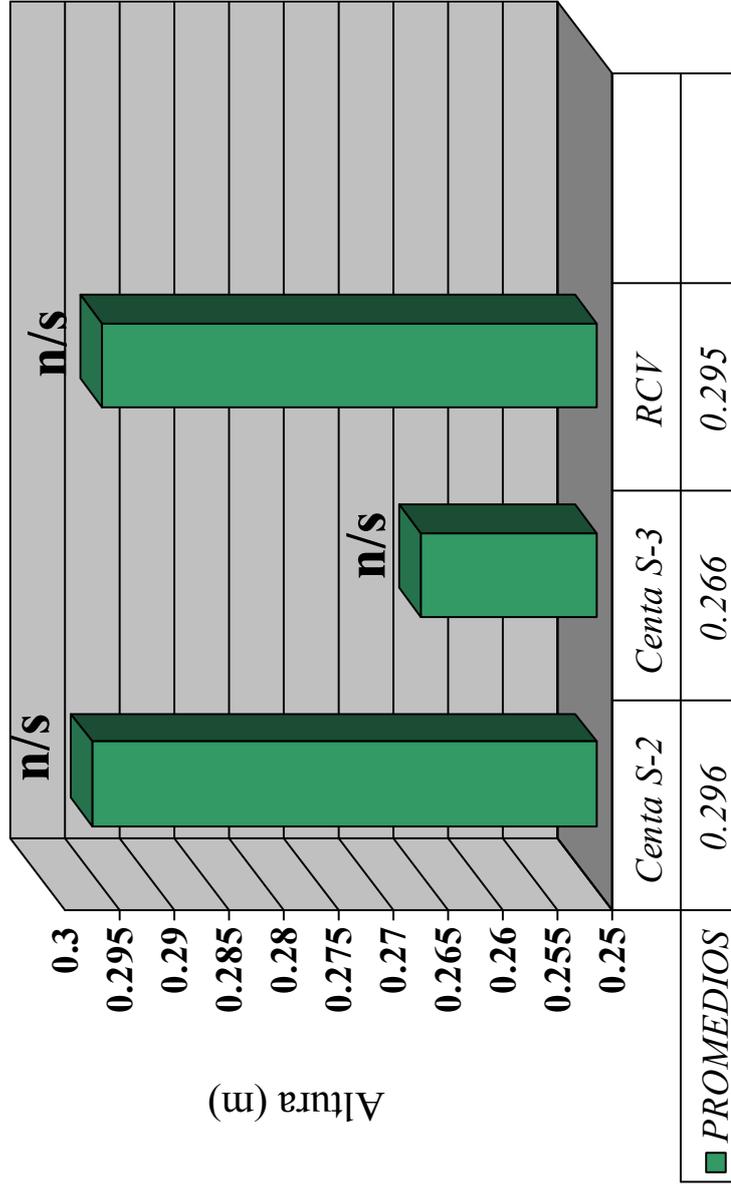


Fig. 9. Altura promedio de planta (m) por tratamientos en la primera medición (15 días post-siembra).

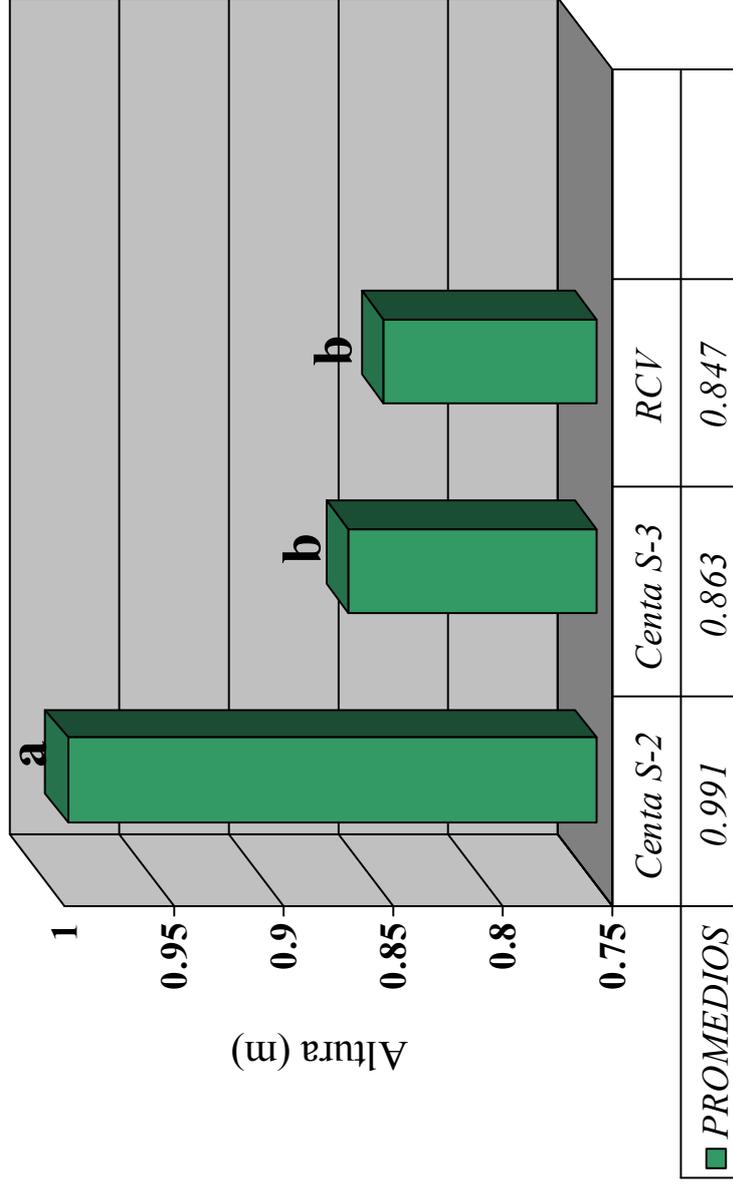
CUADRO 12. Altura promedio de planta (m) por tratamiento a los 30 días post-siembra.

| Variedad  | X              | Desviación estándar (m) |
|-----------|----------------|-------------------------|
| CENTA S-2 | 0.991 <b>a</b> | ± 0.06875682            |
| CENTA S-3 | 0.863 <b>b</b> | ± 0.09565511            |
| RCV       | 0.847 <b>b</b> | ± 0.06753493            |

de CENTA S-3. Detallándose los promedios por tratamiento en el cuadro 16 y fig. 14.

En síntesis (cuadro 10 y fig. 8) de la altura de planta por tratamiento de las 6 mediciones realizadas (15, 30, 45, 60, 75 y 90), mostraron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.01$ ), ( $P < 0.05$ ), y no significativas ( $P > 0.01$ ), estos resultados nos muestran a la variedad CENTA S-2 como el tratamiento que mayor altura alcanzo durante todas las etapas fenológicas, seguido de CENTA S-3 y RCV, que fue el tratamiento que menor altura alcanzo.

Para la primera medición (15 días) post-siembra no se manifestaron diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.01$ ) entre variedades, según lo manifiesta Downes, R.W. 1968 (18), que este resultado es debido a que en esta etapa, la planta invierte la mayor parte de la energía, producto de la fotosíntesis, en la producción de raíces, las cuales darán el anclaje necesario durante la fenología de planta y servirán para la absorción de nutrientes y agua. 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



Tratamientos

Fig. 10. Altura promedio de planta (m) por tratamientos en la segunda medición (30 días post-siembra).

CUADRO 13. Altura promedio de planta (m) por tratamiento a los 45 días post-siembra.

| Variedad  | X              | Desviación estándar (m) |
|-----------|----------------|-------------------------|
| CENTA S-2 | 2.155 <b>a</b> | ± 0.03801447            |
| CENTA S-3 | 1.690 <b>b</b> | ± 0.08654710            |
| RCV       | 1.494 <b>c</b> | ± 0.04967259            |

cada día y se desarrolla de las yemas en los nudos bajo tierra y de acuerdo a House (46), 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 endosperma se agota y las raíces seminales empiezan a deteriorarse y son reemplazadas por el sistema radical principal de la planta.

En cuanto a la segunda medición (30 días) se puede apreciar que las variedades empiezan a mostrar sus características morfológicas que las distinguen, y esto 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 absorbe los nutrientes que esta necesita de la reserva de la semilla según lo manifiesta Buckner citado por Sarasola (76), por lo tanto coincide con lo mencionado por House, L.R. 1985 (46) anteriormente.

En cuanto a los 45, 60, 75 y 90 días, los tratamientos se siguieron comportando de manera tal, que ya se observaban claramente las

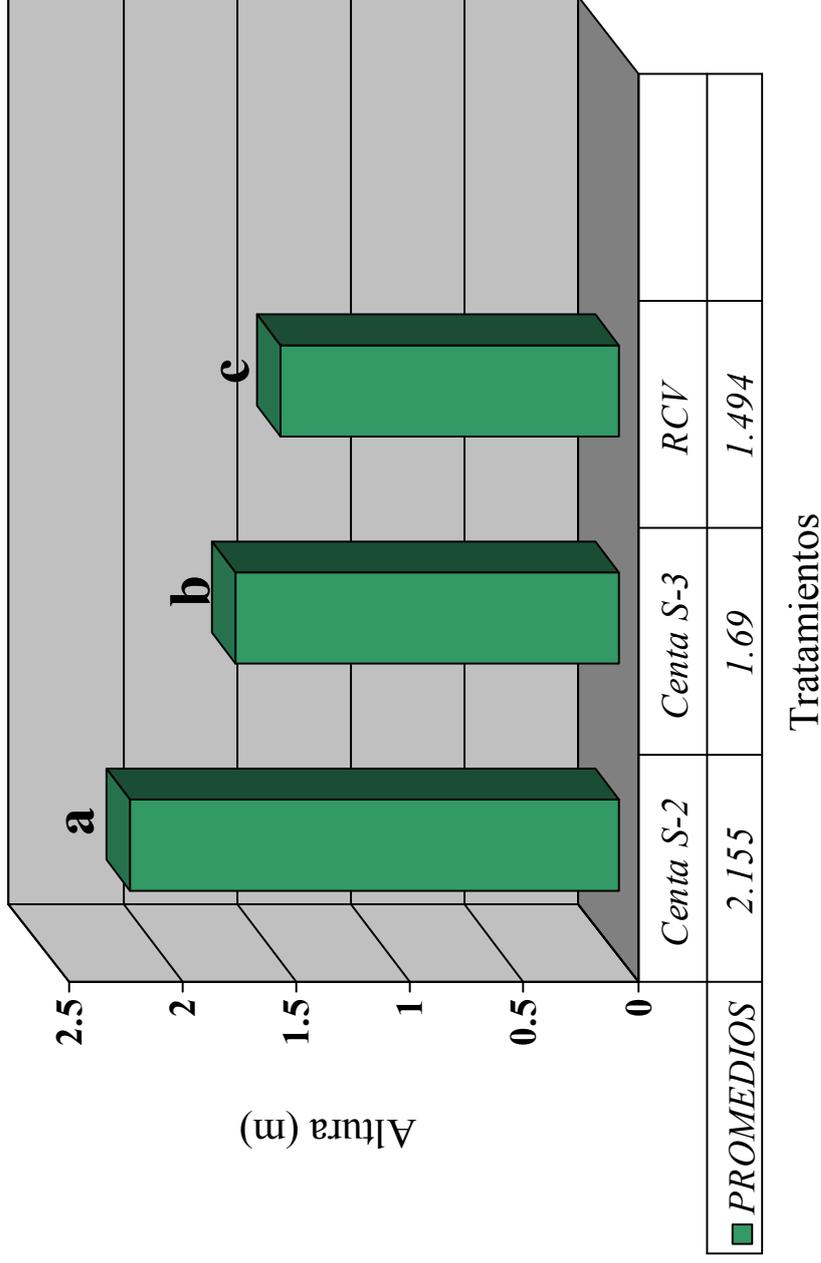


Fig. 11. Altura promedio de planta (m) por tratamientos en la tercera medición (45 días post-siembra).

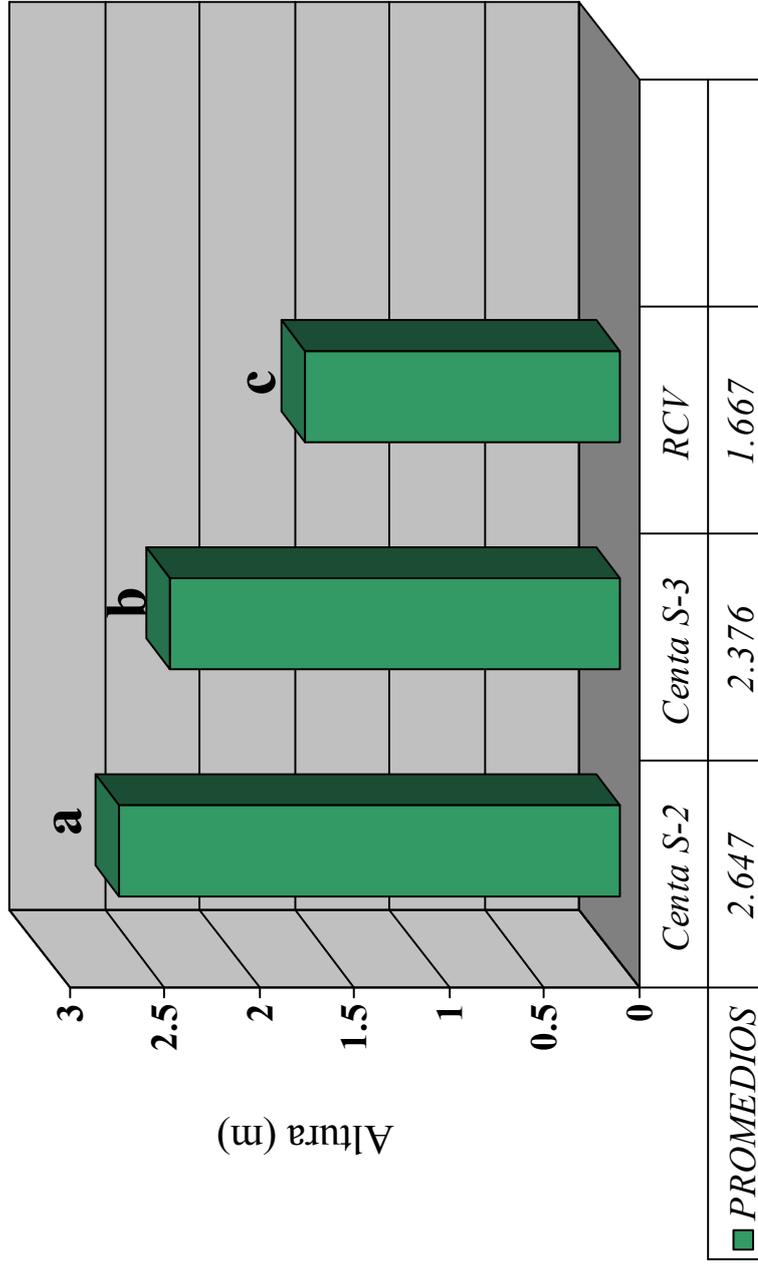
CUADRO 14. Altura promedio de planta (m) por tratamiento a los 60 días post-siembra.

| Variedad  | X              | Desviación estándar (m) |
|-----------|----------------|-------------------------|
| CENTA S-2 | 2.647 <b>a</b> | ± 0.19041787            |
| CENTA S-3 | 2.376 <b>b</b> | ± 0.07568289            |
| RCV       | 1.667 <b>c</b> | ± 0.04783060            |

características de cada una de las variedades en estudio, manteniéndose como mejor tratamiento el CENTA S-2 seguido de CENTA S-3 y RCV que manifestó menor altura que los tratamientos anteriores y según menciona la Ing. Silvia Jurado de Sosa\*<sup>2</sup> esto se explica biológicamente por las características genéticas que rigen a cada una de las variedades en estudio y dicha afirmación es comprobada por Arnon (1), el cual 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 período de crecimiento.

---

- \*<sup>2</sup> Ing. Silvia Evelyn Jurado de Sosa. Docente cátedra de Edafología, Instalaciones Agropecuarias, Sistemas silvopastoriles de la UES. FMO. C.C. A.A.



Tratamientos

Fig. 12. Altura promedio de planta (m) por tratamientos en la cuarta medición (60 días post-siembra).

CUADRO 15. Altura promedio de planta (m) por tratamiento a los 75 días post-siembra.

| Variedad  | X              | Desviación estándar (m) |
|-----------|----------------|-------------------------|
| CENTA S-2 | 3.069 <b>a</b> | ± 0.05457716            |
| CENTA S-3 | 3.010 <b>a</b> | ± 0.04145841            |
| RCV       | 2.110 <b>b</b> | ± 0.05037724            |

CUADRO 16. Altura promedio de planta (m) por tratamiento a los 90 días post-siembra.

| Variedad  | X              | Desviación estándar (m) |
|-----------|----------------|-------------------------|
| CENTA S-2 | 3.171 <b>a</b> | ± 0.04246001            |
| CENTA S-3 | 3.105 <b>b</b> | ± 0.03595924            |
| --        | --             | --                      |

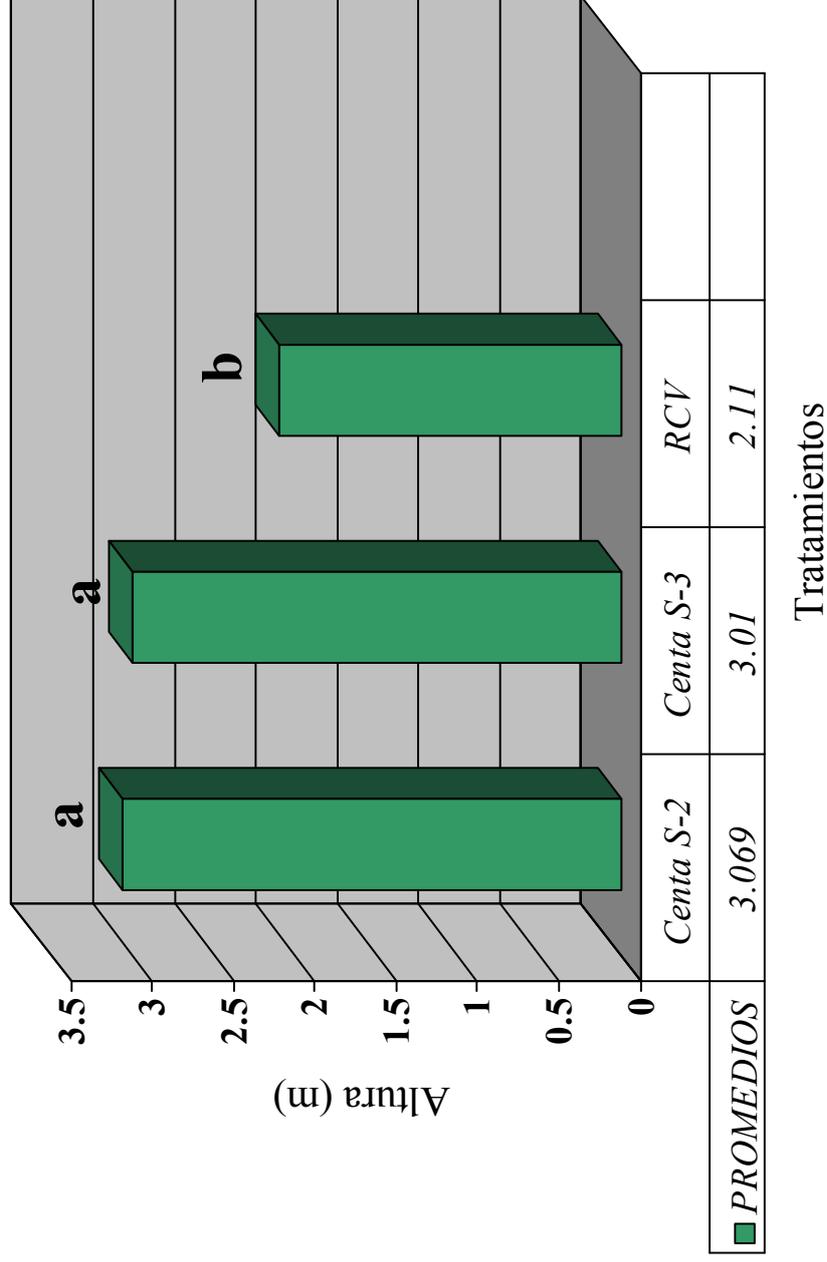
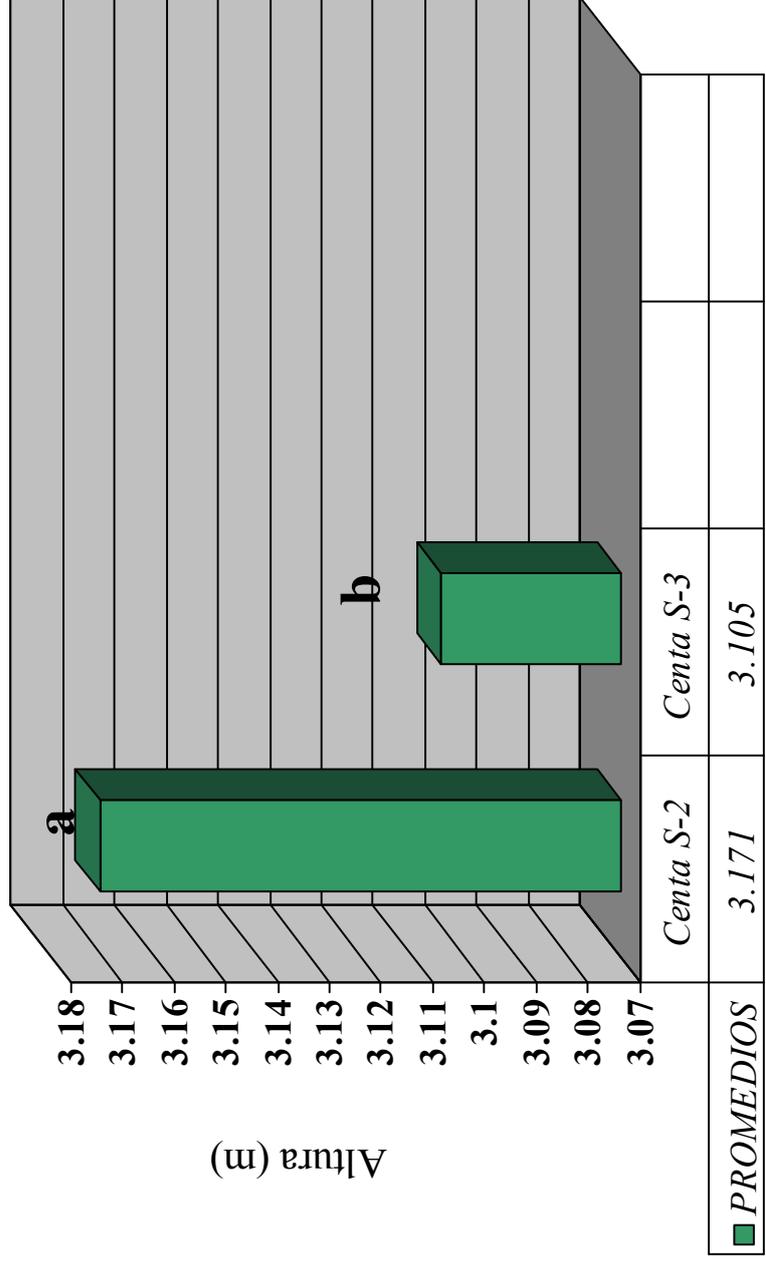


Fig. 13. Altura promedio de planta (m) por tratamientos en la quinta medición (75 días post-siembra).



Tratamientos

Fig. 14. Altura promedio de planta (m) por tratamientos en la sexta medición (90 días post-siembra).

### **4.3. Rendimiento de biomasa (kg/ha).**

Una variable que se analizó, luego de cortar el zacate y picarlo del área útil de cada uno de los tratamientos en estudio, fue pesado, para determinar cual de estos obtuvo los mejores resultados en cuanto a rendimiento de biomasa (medido en kilogramos por hectárea); los promedios obtenidos se pueden observar en el cuadro A-35.

#### **4.3.1. Tratamiento.**

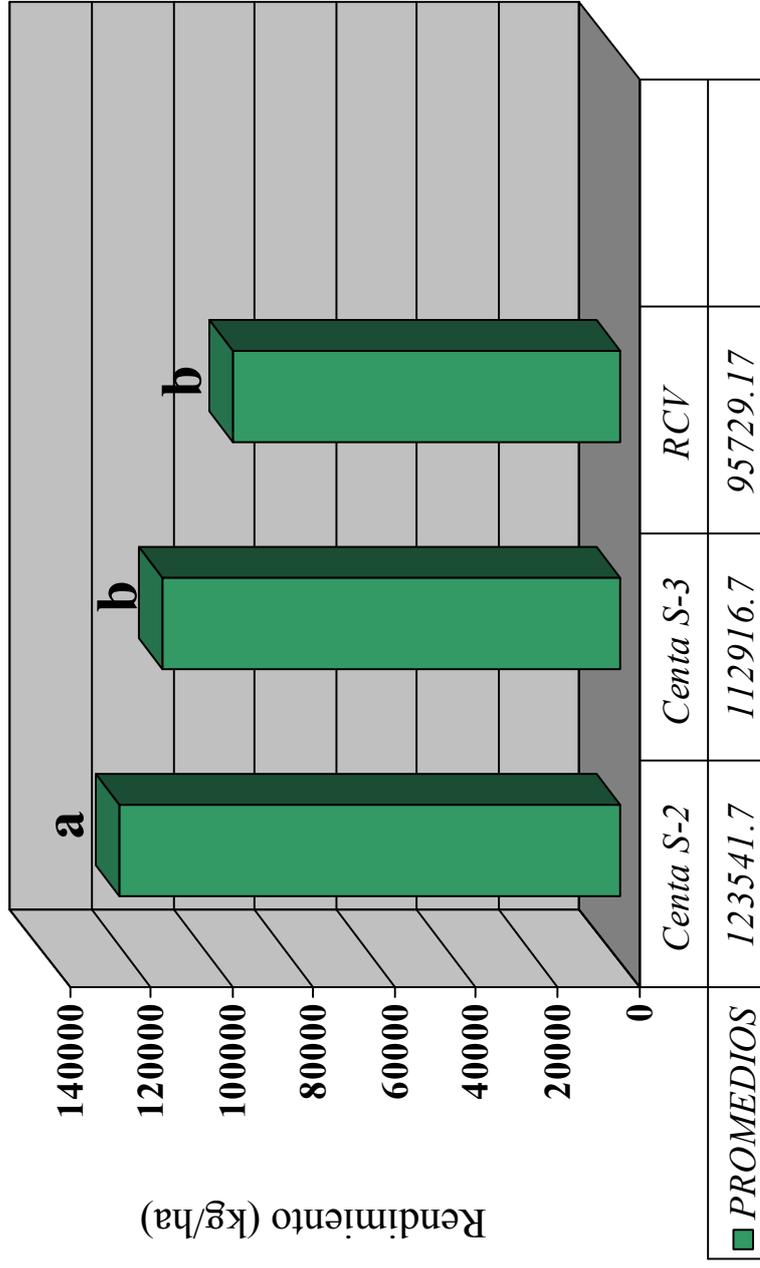
Posterior a realizar el análisis de varianza, el cual presentó diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ) entre tratamientos (cuadro A-36), se procedió a realizar la prueba de Tukey (cuadro A-37) para determinar cual de los tratamientos fue mejor en cuanto a rendimiento de biomasa. Presentándose como mejor tratamiento la variedad de sorgo CENTA S-2 con ( $P < 0.01$ ), que el CENTA S-3 y RCV, siendo los dos últimos similares estadísticamente; pero diferentes aritméticamente. Señalando los promedios por tratamiento en el cuadro 17 y fig. 15.

La información proporcionada por las pruebas estadísticas realizadas al rendimiento de biomasa en (kg/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 presentó fue el T1= 123 541.70 kg/ha a (123.54 tm/ha), seguido del T2= 112 916.70 kg/ha (112.91 tm/ha) y T3= 95 729.17 kg/ha (95.72 tm/ha), de los cuales, estos dos últimos se comportaron similares estadísticamente; pero diferentes aritméticamente y en comparación con lo que reporta Salvador, Z. y Col. 2007 (77), sobre las características de rendimiento de zacate verde picado de las mismas variedades de sorgo, los resultados obtenidos en nuestra investigación los superan grandemente, siendo estos

CUADRO 17. Rendimiento de biomasa promedio (kg/ha).

| Variedad  | X                  | Desviación estándar (kg/ha) | Eficiencia Productiva (%) <sup>2/</sup> |
|-----------|--------------------|-----------------------------|---|
| CENTA S-2 | 123 541.7 <b>a</b> | ± 5 209.166                 | 100                                     |
| CENTA S-3 | 112 916.7 <b>b</b> | ± 15 363.647                | 91                                      |
| RCV       | 95 729.17 <b>b</b> | ± 7 452.104                 | 77                                      |

resultados los siguientes CENTA S-2 con 109 tm/ha, CENTA S-3 con 71 tm/ha y RCV con 50 tm/ha y esto puede ser debido según Bernardis, H.O. y Col., 2001 (5), a que en cuanto a la demanda de nutrientes, la gran necesidad se da a partir de V5 ( 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 (fertilización que realizamos cuando las plantas se encontraban en etapa de buche o 10 días previos de la floración como cita Bernardis, H.O. y Col. 2001 (5). 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. También, hace mención de que la producción de materia seca esta estrechamente vinculada con el aprovechamiento de la radiación incidente, de la capacidad de canopeo para interceptarla y la eficiencia del cultivo para transformarla. En este sentido, la intercepción de la radiación solar incidente que asegura las máximas tasas de crecimiento del cultivo, se encuentra cuando el índice de área foliar IAF



Tratamientos

Fig. 15. Rendimiento promedio de biomasa (kg/ha).

aumenta hasta el IAF crítico, que permite captar el 95 % de la radiación incidente.

Por otra parte el Ing. Marco Claros<sup>3\*</sup>, 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 optimas 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.

Ing. René Clará Valencia<sup>4\*</sup> (ver anexo A-62), quien aporta a la investigación y manifiesta que los rendimientos de biomasa de todas las variedades están altos. Además hace mención que generalmente se utiliza el rendimiento en materia seca (Cuadro A-61), lo cual puede o es más adecuado para indicar efectivamente el valor del forraje de cada variedad y dice que convertidos estos datos a manzana, que es lo que se usa en el país, estamos hablando de un rendimiento de 86.48 tm/mz en CENTA S-2, 79.04 tm/mz en CENTA S-3 y 67.01 tm/mz en RCV. Estos rendimientos altos no quieren decir que la información no es confiable; quiere decir que las variedades mostraron todo su potencial bajo el ambiente favorable de manejo que

---

- <sup>3\*</sup> Ing. Marco Evelio Claros Álvarez. Docente cátedra Edafología, Especies menores, Almacenamiento y procesamiento de productos agropecuarios de la UES. FMO. CC AA.

- <sup>4\*</sup> Ing. René Clará Valencia. Coordinador Regional Local. CENTA/INTSORMIL. Fitomejorador. E-mail: [reneclara@yahoo.com](mailto:reneclara@yahoo.com). Tel: (503) 2302 0239 - (503)7815 2238 Ofic. 2302 0200 Extensión 239.

tuvieron. Y menciona que ha visto datos más altos que estos, con PROLECHE. Algunos socios de esta gremial obtienen 80 y 90 tm/mz del sorgo RCV; por lo tanto estas variedades si tienen el potencial como para producir lo que estos datos dicen. Piensa que haber hecho tres aplicaciones de fertilizante 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. Humedad parcial (%).**

Esta es una de las variables que corresponden a la calidad nutritiva de las tres variedades en estudio, los datos de esta variable fueron obtenidas mediante metodología de laboratorio de pérdida del agua no ligada por calentamiento de la muestra en una estufa de aire reforzado a una temperatura de 60° C durante 24 horas. Los promedios obtenidos se pueden observar en el (cuadro A-38).

##### **4.4.1. Tratamiento.**

El análisis de varianza realizado al porcentaje de humedad parcial demostró diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos (cuadro A-39), por lo cual se realizo el análisis correspondiente a los tratamientos, que fue la prueba de Tukey (cuadro A-40), en donde se observaron diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ); siendo el superior en cuanto porcentaje de humedad parcial el RCV seguido por CENTA S-2 y CENTA S-3 que se comportaron similares entre si. Detallándose los promedios por tratamientos en el cuadro 18 y fig. 16.

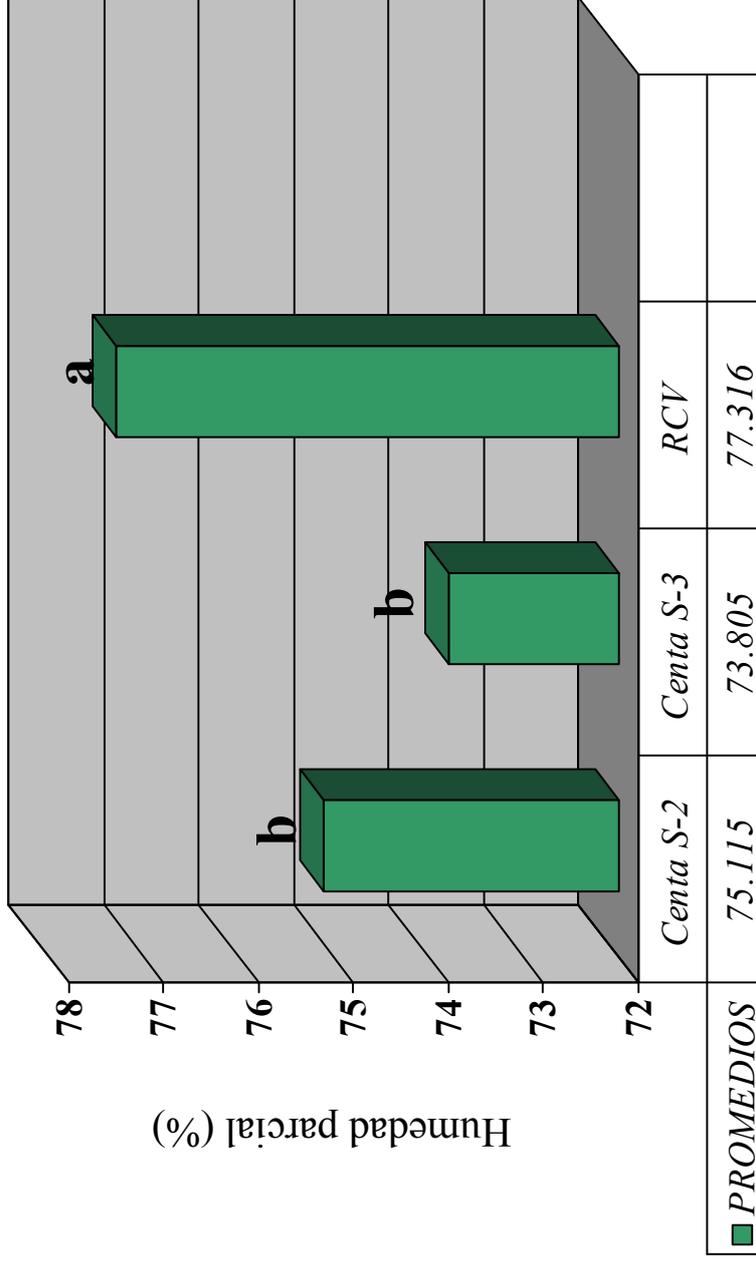
En el cuadro 18 y fig. 16 se muestran los resultados reflejados por las pruebas estadísticas realizadas a la variable humedad parcial, en donde muestran a la variedad RCV como el tratamiento que mayor porcentaje de

CUADRO 18. Humedad parcial promedio (%).

| Variedad  | X               | Desviación estándar (%) |
|-----------|-----------------|-------------------------|
| CENTA S-2 | 75.115 <b>b</b> | ± 0.39312848            |
| CENTA S-3 | 73.805 <b>b</b> | ± 1.43937139            |
| RCV       | 77.316 <b>a</b> | ± 1.96430819            |

humedad tiene, seguido de CENTA S-2 y CENTA S-3, los cuales se comportaron iguales estadísticamente.

Lo anterior es confirmado por el Ing. René Clará, quien manifiesta que estos resultados están de acuerdo al genotipo de cada variedad y que están influenciados por el manejo que se le dio al cultivo en donde se evito en gran manera la interacción del medio ambiente. Así como también este resultado coincide con evaluaciones realizadas por Deras, F. y Col. 2000 (21), en las tres zonas del país (occidental, central y oriental), donde se obtuvieron porcentajes promedios de humedad parcial similares a los obtenidos en nuestra investigación los cuales fueron para la variedad CENTA S-2 de 74.50 % y CENTA S-3 de 74.83 %, no así la variedad RCV que muestra significancia estadística con un mayor contenido de humedad y esto debido principalmente por lo mencionado por McCormick, M.E. 1984 (60) y Heath, M.E. y Col. 1973 (47), que el ensilaje de sorgo de grano produce mucho menos materia seca por hectárea que el de sorgo forrajero o de maíz y en este caso la variedad RCV es de propósito granífero por lo tanto el contenido de humedad es mayor que el de las otras variedades que son de doble propósito.



Tratamientos

Fig. 16. Porcentaje de Humedad parcial (%).

#### 4.5. Humedad Total (%).

Variable también perteneciente a la calidad nutritiva del forraje de las tres variedades en estudio, los datos de esta variable se obtuvieron mediante la metodología de pérdida del agua fuertemente ligada en la muestra por desecación en una estufa de vacío, a una temperatura de 105° C por 5 horas y 5 PSI de presión. En el (cuadro A-41), se pueden observar los datos promedios de esta variable.

##### 4.5.1. Tratamiento.

En el análisis de varianza correspondiente a la variable humedad total expresada en porcentaje (cuadro A-42), demostró que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P > 0.01$ ), por lo que no se realizaron pruebas estadísticas para determinar cual de los tratamientos se comporto mejor. En el cuadro 19 y fig. 17 se detallan los promedios por tratamiento.

CUADRO 19. Humedad total promedio (%).

| Variedad  | X                 | Desviación estándar (%) |
|-----------|-------------------|-------------------------|
| CENTA S-2 | 4.406 <b>n/s.</b> | ± 0.42828340            |
| CENTA S-3 | 4.503 <b>n/s.</b> | ± 0.30124187            |
| RCV       | 5.016 <b>n/s.</b> | ± 0.40608702            |

No existieron diferencias estadísticas entre tratamientos para la variable humedad total, con una probabilidad de ( $P > 0.01$ ).

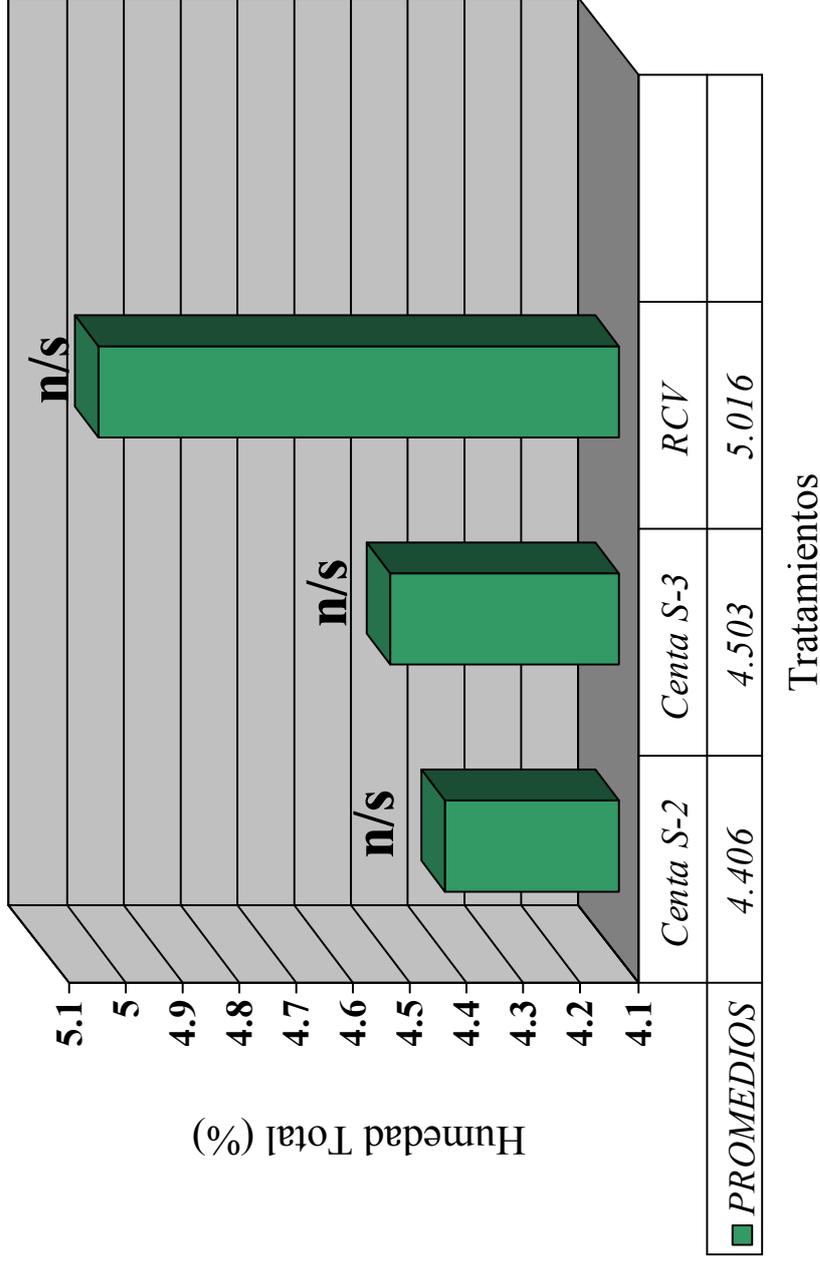


Fig. 17. Porcentaje de Humedad Total (%).

De acuerdo a la Doctora Francisca Cañas de Moreno<sup>4\*</sup> la determinación de la humedad total es de suma importancia para conocer los componentes de un análisis bromatológico como lo son el porcentaje de proteína, fibra cruda, extracto etéreo, carbohidratos, cenizas, entre otros.

#### **4.6. Cenizas (%).**

En la variable porcentaje de cenizas, para lograr obtener los datos de esta se utilizó la metodología o fundamento de incineración de la muestra en horno de mufla a 550° C por 2 horas para quemar todo el material orgánico. Los datos promedios se muestran en el (cuadro A-43).

##### **4.6.1. Tratamiento.**

Luego de realizar el ANVA a la variable porcentaje de cenizas, este demostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $P < 0.01$ ), verificando la veracidad de esto en el (cuadro A-44). Para determinar cual de los tratamientos fue mejor se realizó una prueba estadística de Tukey, la que arrojó diferencias estadísticas entre tratamientos ( $P < 0.01$ ) (cuadro A-45), siendo los superiores el CENTA S-2 y RCV, que se comportaron similares; pero superiores que CENTA S-3. Observando los promedios por tratamiento en el cuadro 20 y fig.18.

En conclusión para la variable cenizas se obtuvieron diferencias altamente significativas para los tratamientos mostrando a CENTA S-2 y RCV con mayores porcentajes de minerales y CENTA S-3 con menor porcentaje.

Estas diferencias entre variedades se debe según el ing. René Clará valencia<sup>4\*</sup> al genotipo que rige a cada una de las variedades y esto coincide

---

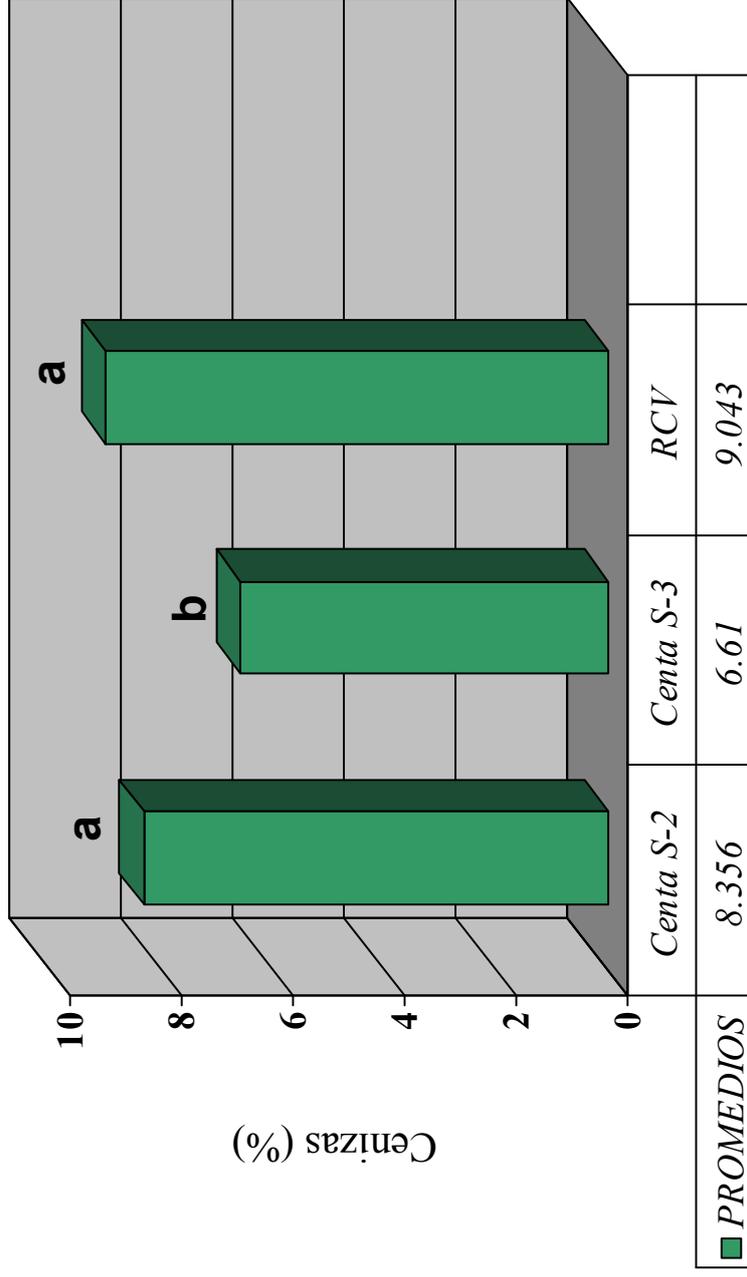
- <sup>4\*</sup> Doctora Francisca Cañas de moreno, Jefe del Departamento de Química Agrícola UES Central, Facultad de Ciencias Agronómicas. Tel. 2225-1500. Ext. 4619.

CUADRO 20. Promedio de cenizas (%).

| Variedad  | X              | Desviación estándar (%) |
|-----------|----------------|-------------------------|
| CENTA S-2 | 8.356 <b>a</b> | ± 0.88773119            |
| CENTA S-3 | 6.610 <b>b</b> | ± 0.27813666            |
| RCV       | 9.043 <b>a</b> | ± 0.49914594            |

con lo mencionado por Escobosa Laveaga, A. y Col. 2007 (32), quienes mencionan que 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.

Además estos resultados obtenidos pueden ser comparados con los datos obtenidos por Freddy, M. y Col. 1991 (40), en el análisis bromatológico realizado a cinco variedades de sorgo, en donde la variedad SC-5 obtuvo 8.22 %, la SS-5 con 7.91 %, la SSS-111 obtuvo 8.19 %, la variedad H-C con 7.71 % y la variedad Maracay con 8.10 %.



Tratamientos

Fig. 18. Porcentaje de Cenizas (%).

#### **4.7. Proteína cruda (%).**

En esta variable se obtuvo los promedios mediante la metodología o fundamentos de digestión, destilación y valoración los cuales consistieron en destrucción de la materia orgánica por acción del ácido sulfúrico  $H_2SO_4$  concentrado y caliente. El carbón es oxidado y el nitrógeno reducido a amoníaco  $NH_3$  en presencia de catalizadores. El  $NH_3$  desprendido queda fijado en el  $H_2SO_4$  como sulfato de amonio, que es estable en condiciones de trabajo. El  $NH_3$  es recogido en un volumen conocido de ácido bórico, formándose borato de amonio. El borato de amonio se titula con ácido clorhídrico  $HCL$ , empleando un indicador que es una mezcla de azul de metileno y rojo de metileno. El porcentaje de nitrógeno obtenido se multiplica por un factor el cual es 6.25 que corresponde a muestras de origen vegetal, con estos cálculos se obtuvo el porcentaje de proteína cruda. En el (cuadro A-46) se muestran los resultados promedios.

##### **4.7.1. Tratamiento.**

Luego de realizar el ANVA a la variable porcentaje de proteína cruda, se obtuvieron diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $P < 0.01$ ), observando esto en el (cuadro A-47). Para determinar cual de los tratamientos fue mejor se realizó una prueba estadística de Tukey, la que arrojó diferencias estadísticas entre tratamientos ( $P < 0.01$ ) (cuadro A-48), siendo el tratamiento con mayor porcentaje de proteína la variedad T3, seguido de T2 y T1 que se comportaron similares estadísticamente; pero diferentes aritméticamente.

Detallando los promedios por tratamiento en el cuadro 21 y fig. 19. En resumen (cuadro 21 y fig. 19) se pueden observar los resultados realizados mediante las pruebas estadísticas en donde el tratamiento que presenta mayor porcentaje de proteína es el RCV.

CUADRO 21. Promedio de proteína cruda (%).

| Variedad  | X               | Desviación estándar (%) |
|-----------|-----------------|-------------------------|
| CENTA S-2 | 8.580 <b>b</b>  | ± 1.16562430            |
| CENTA S-3 | 10.361 <b>b</b> | ± 0.85532255            |
| RCV       | 12.433 <b>a</b> | ± 2.25018814            |

Entre CENTA S-2 y CENTA S-3 no existió diferencia estadística, aunque si existió diferencia aritmética, según el Ing. René Clará Valencia los resultados obtenidos coinciden con el genotipo de cada una de las variedades en estudio y estos datos muy buenos a su parecer se dieron por el buen manejo, (buena fertilización y la buena fertilidad del suelo), siendo la variedad RCV con mayor valor en proteína cruda y el CENTA S-2 con el menor valor y esto se relaciona con lo que menciona Waggle, D.H 1967 (89), que el contenido y la composición de la proteína en el endosperma de la semilla y de la planta, están influenciados por el genotipo y el ambiente (principalmente la fertilidad del suelo). Estos resultados pueden ser comparados con los obtenidos por Deras, F. y Col. 2000 (21), en donde el porcentaje de proteína obtenido por estos investigadores tienen similitud a los obtenidos en nuestra investigación, siendo estos para CENTA S-2= 9.90 % y para CENTA S-3= 10.90 %.

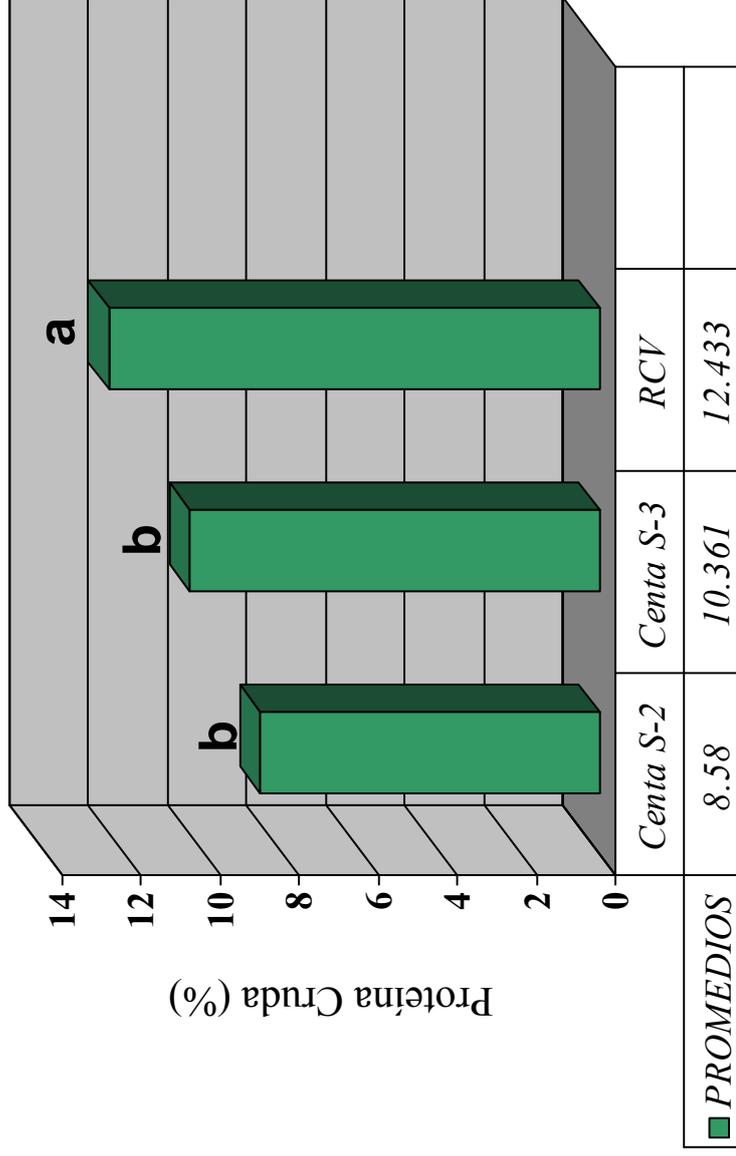


Fig. 19. Porcentaje de Proteína Cruda (%).

#### **4.8. Extracto etéreo o grasa (%).**

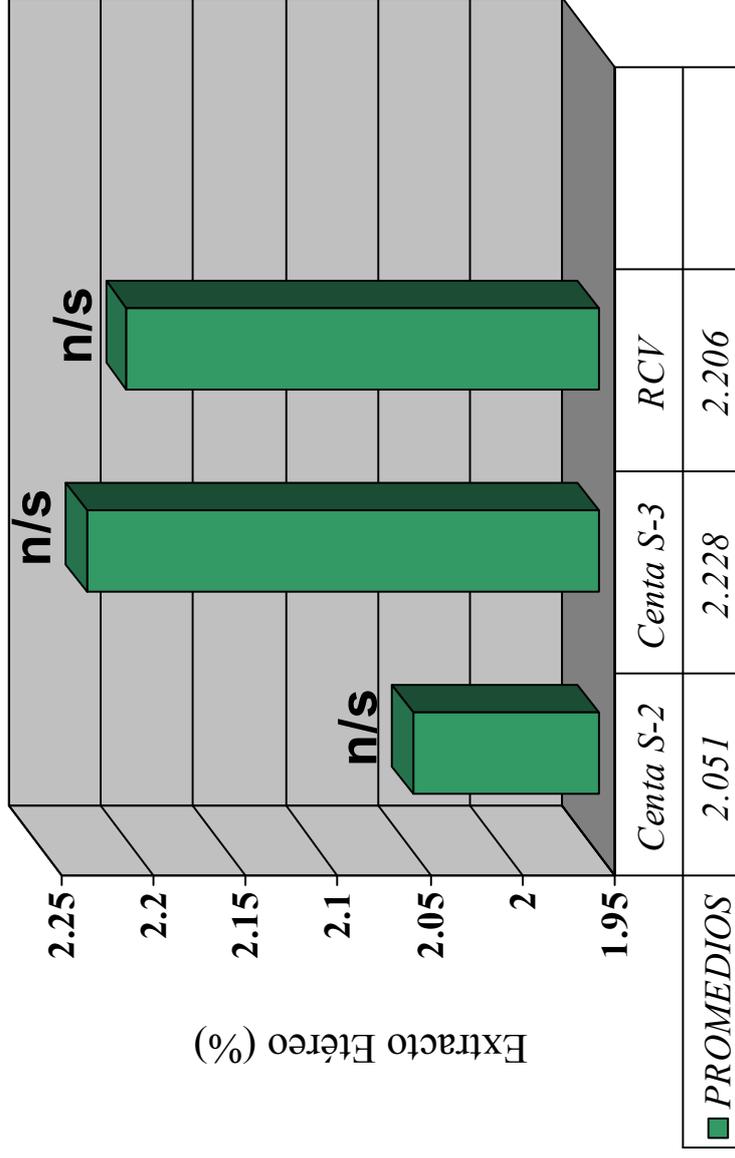
Esta fue la antepenúltima variable que pertenece a la calidad nutritiva y en esta al igual que las demás, para lograr obtener los datos se hizo necesario el uso de una metodología o fundamento la cual consiste en que el éter se evapora y condensa continuamente extrayendo materiales solubles cuando pasa por una muestra deshidratada, el extracto se recoge en un recipiente pesado y al terminar, el éter se recolecta y la grasa queda en el recipiente, se seca y se pesa. La extracción se debe al contacto de la muestra con un solvente por largo período. Los datos promedios se muestran en el (cuadro A-49).

##### **4.8.1. Tratamiento.**

Después de realizar el análisis de varianza a la variable de porcentaje de extracto etéreo (cuadro A-50), este nos mostró que no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $P > 0.01$ ). En el cuadro 22 y fig. 20 se muestran los promedios por cada tratamiento.

CUADRO 22. Promedio de extracto etéreo (%).

| Variedad  | X                 | Desviación estándar (%) |
|-----------|-------------------|-------------------------|
| CENTA S-2 | 2.051 <b>n/s.</b> | ± 0.63750817            |
| CENTA S-3 | 2.228 <b>n/s.</b> | ± 0.12734468            |
| RCV       | 2.206 <b>n/s.</b> | ± 0.23762716            |



Tratamientos

Fig. 20. Porcentaje de Extracto Etéreo (%).

En resumen (cuadro 22 y fig. 20), se observan los promedios para cada uno de los tratamientos en estudio, destacando que las pruebas estadísticas no mostraron diferencias entre tratamientos (cuadro A-50). Estos datos están de acuerdo al genotipo de cada una de las variedades, según el Ing. René Clará Valencia. En estudios realizados en el año 1970 Doggett, (23), muestra un análisis bromatológico de tres variedades de sorgo de plantas enteras (porcentaje con base en peso seco), en donde se puede observar que los datos promedios para las variedades que el investigo, no muestran mucha variación porcentual comparada con las variedades de sorgo evaluadas en nuestra investigación, por lo tanto los porcentaje promedios de extracto etéreo se comportan similares. De igual manera en el año 2002 Deras, H.R.F. (22), en una evaluación preliminar de híbridos de sorgo (*Sorghum sp.* L. Moench) para forraje, con el propósito de hacer una selección más completa de los híbridos en evaluación, se realizó un análisis bromatológico de la materia verde para los 11 híbridos evaluados en donde muestra el contenido de grasa de cada una de las variedades en estudio y se puede observar que los resultados obtenidos para esta variable son similares a los que se presentan en esta investigación.

#### **4.9. Fibra cruda (%).**

Penúltima variable que fue la de porcentaje de fibra cruda, que corresponde a la calidad nutritiva. En esta los datos se obtuvieron por medio de la metodología que consiste en digerir la muestra desengrasada primero con ácido sulfúrico y luego con hidróxido de sodio, lavando el material después de cada digestión con suficiente agua destilada caliente hasta eliminación de ácido o álcali de material. La muestra se lava después con alcohol, seca y calcina, calculándose el porcentaje de fibra obtenido después de la calcinación. Los promedios se muestran en el (cuadro A-51).

#### 4.9.1. Tratamiento.

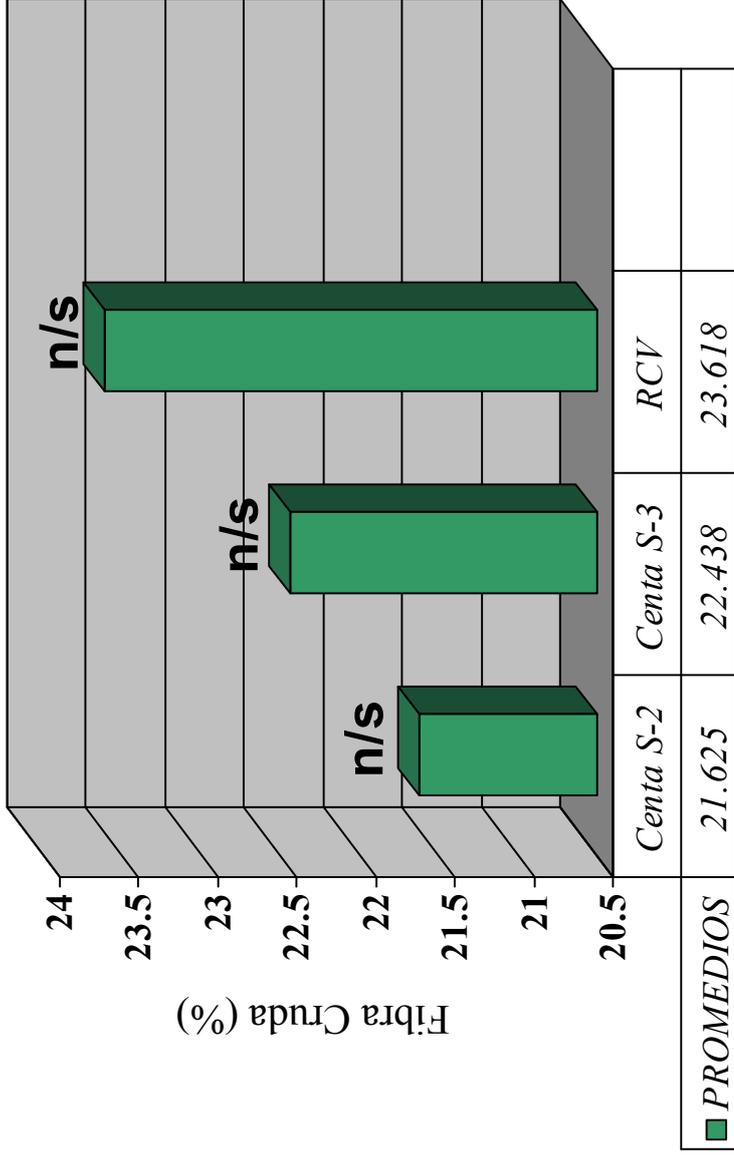
Posteriormente de realizar el ANVA para la variable de porcentaje de fibra cruda, este determino que no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $P > 0.01$ ), (cuadro A-52). Los promedios por tratamiento se detallan en el cuadro 23 y fig. 21.

CUADRO 23. Promedio de fibra cruda (%).

| Variedad  | X                  | Desviación estándar (%) |
|-----------|--------------------|-------------------------|
| CENTA S-2 | 21.625 <b>n/s.</b> | $\pm 3.57846196$        |
| CENTA S-3 | 22.438 <b>n/s.</b> | $\pm 1.24382341$        |
| RCV       | 23.618 <b>n/s.</b> | $\pm 0.35312415$        |

En conclusión (cuadro 23 y fig.21), los resultados señalados por el análisis de varianza demostraron que no existió diferencia significativa entre los tratamientos en lo que concierne al porcentaje de fibra cruda y se puede notar una mínima diferencia de porcentajes entre cada tratamiento.

Estos resultados pueden ser atribuidos de acuerdo al Ing. René Clará a que se evito la alta interacción del medio ambiente para las variedades justificando así los porcentajes designados para cada variedad en estudio, y mencionando además que los datos porcentuales para cada tratamiento están



Tratamientos

Fig. 21. Porcentaje de Fibra Cruda (%).

de acuerdo a sus características genotípicas (cuadro A-62). Estos resultados también son similares a los obtenidos por Doggett. H., 1970 (23), en donde comparo tres variedades de sorgo los cuales fueron cosechados en tres épocas distintas, observándose que la época de cosecha en dos de las variedades que es de 12.5 semanas de edad los porcentajes de fibra cruda que se obtuvieron fueron similares y diferentes al otro momento de cosecha de la tercera variedad que fue cosechada a las 13 semanas de edad, pudiendo confirmar que los resultados obtenidos en nuestra investigación no tuvieron significancia estadística debido a que todas las variedades fueron cosechadas en el mismo punto óptimo que fue en la etapa de grano masa-suave y esto coincide con lo que manifiesta Wall, J.S., y Ross W.M. 1970 (88), en donde dicen que el rendimiento máximo de proteína ocurre en la etapa de masa suave y el contenido de fibra disminuye hasta un 24% y luego aumenta un poco conforme se alcanza la madurez fisiológica de la planta, por lo tanto los porcentajes obtenidos en nuestra investigación se acercan a ese 24%.

#### **4.10. Carbohidratos (%).**

De la calidad nutritiva y de todo el estudio la variable porcentaje de carbohidratos fue la última en ser analizada y para obtener los datos de esta, se obtuvieron por diferencia aplicando la fórmula que recomiendan las tablas de composición de alimentos para Centro América. Los resultados promedios se detallan en (cuadro A-53).

##### **4.10.1. Tratamiento.**

El análisis de varianza realizado al porcentaje de carbohidratos mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $P < 0.01$ ) (cuadro A-54), por lo que se realizó una prueba de Tukey (cuadro A-55) para determinar cual de los tratamientos fue el que se comportó mejor, obteniendo así,

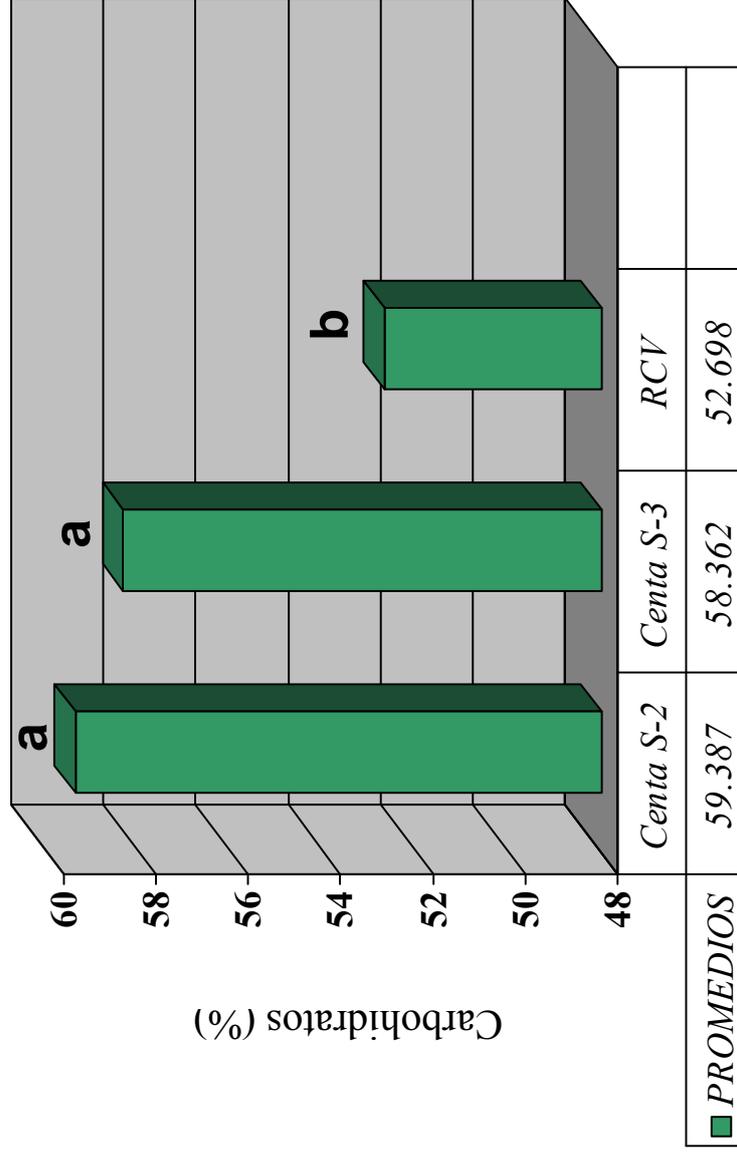
diferencias altamente significativas entre los tratamientos ( $P < 0.01$ ); demostrando el T1 y T2 ser los mejores, pero a la vez similares y superiores que T3. En el cuadro 24 y fig. 22 se detallan los promedios por tratamiento.

CUADRO 24. Promedio de carbohidratos (%).

| Variedad  | X               | Desviación estándar (%) |
|-----------|-----------------|-------------------------|
| CENTA S-2 | 59.387 <b>a</b> | ± 3.694675448           |
| CENTA S-3 | 58.362 <b>a</b> | ± 1.326294336           |
| RCV       | 52.698 <b>b</b> | ± 2.706875813           |

Como ya se mencionó las pruebas estadísticas demostraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ), señalando como los tratamientos que mayor porcentaje de carbohidratos obtuvieron al T1 y T2 que se comportaron iguales estadísticamente y mejores que T3, el cual expreso un porcentaje de carbohidratos menor que los demás tratamientos.

De acuerdo con El Tinay, A.H. y Col. 1979 (33), el carbohidrato principal, en todos los cereales, es el almidón y en el sorgo su contenido es de 32 a 79 %, por lo tanto en nuestra investigación los porcentajes obtenidos se encuentran en un rango medio del contenido de carbohidratos y esto puede ser debido a la etapa fisiológica en que fue cosechado pudiéndose comparar con estudios realizados por Dogget, 1970 (23), en donde muestra un cuadro comparativo de calidad nutritiva de tres variedades de sorgo cosechados en distintas etapas fenológicas, demostrando que la variedad Kafir 58-19



Tratamientos

Fig. 22. Porcentaje de Carbohidratos (%).

cosechada a las 12.5 semanas de edad muestra un porcentaje de carbohidratos de 51.7 %, de igual manera la variedad Durra C.1.695 cosechada en las mismas semanas de desarrollo muestran un promedio de carbohidratos 52.8 % y la variedad Jola jowar muestra un porcentaje de 47 % de carbohidratos cosechada a las 11 semanas, por lo tanto podemos deducir que el comportamiento de las variedades investigadas han mostrado un porcentaje de carbohidratos de acuerdo a sus características genotípicas y de acuerdo al momento de cosecha que se realizó que fue en la etapa grano masa suave, pudiéndose afirmar que el contenido de carbohidratos va aumentando a medida la planta va llegando a la floración, hasta la etapa de masa suave del grano y declina a medida la avanza la madurez fisiológica de la planta.

Otra de las muchas importancias de los carbohidratos es establecida por Capella H.C. y Col. 2003 (12), quienes sostienen que el ensilaje es una forma de conservar alimento dentro de una estructura hermética llamada silo, sin que se afecte notoriamente su calidad. Es un alimento que su valor alimenticio es conferido por los carbohidratos solubles presentes en el material principalmente en los granos, en consecuencia su valor nutritivo es estrictamente energético. No es un proceso mediante el cual se convierten forrajes de mala calidad en alimentos más nutritivos; su calidad está directamente relacionada con la calidad original del material vegetal ensilado.

#### **4.11. Análisis económico de los tratamientos.**

En cuanto a los costos de producción de cada uno de los tratamientos expresado en costo/hectárea (Anexos A-58 al A-60). Obsérvese que el tratamiento T3 correspondiente a la variedad RCV resultó ser el que requiere menos costos de inversión (\$1 102.39/ha). Lo anterior motivado por que esta variedad requiere menos mano de obra en la realización de la cosecha, ya que

produce menos biomasa y por lo tanto el número de horas de alquiler de la picadora disminuye.

Al tomar en cuenta la cantidad de biomasa producida por cada una de las variedades y el precio de venta del kilogramo de zacate verde picado en la zona oriental que anda en un promedio de \$0.03/kg y al hacer el análisis económico respectivo se puede observar que la variedad CENTA S-2 es el tratamiento que genera las mejores ganancias ya que por cada dólar invertido se obtienen \$2.16 de ganancia. No así la variedad CENTA S-3 (T2), que ocupa el segundo lugar en cuanto a las utilidades generando \$1.93 de ganancia por cada dólar invertido.

Por último el T3 (variedad RCV), que produce las menores ganancias con una relación beneficio/costo de \$2.60, lo que significa que por cada dólar invertido se ganan \$1.60.

Finalmente con lo que respecta a la calidad nutritiva (se prestó mayor atención al contenido de proteína), el análisis económico presentó como mejor opción económica a la variedad CENTA S-3, con una relación beneficio costo de \$2.07, seguido de la variedad RCV con \$1.90 y por último la variedad CENTA S-3 (\$1.75).

CUADRO 25. Relación Beneficio/Costo por tratamiento para rendimiento de materia verde y rendimiento de proteína vegetal.

| <b>TRATAMIENTO</b> | <b>RENDIMIENTO<br/>KG MV/HA</b>                 | <b>INGRESOS</b><br><u>*/</u> | <b>COSTOS</b><br><u>**/</u><br>\$ | <b>B/C</b><br><u>***/</u> |
|--------------------|---|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| T1                 | 123 541.67                                      | \$ 3 706.25                  | \$1 172.43                        | 3.16                      |
| T2                 | 112 916.67                                      | \$ 3 387.50                  | \$1 154.53                        | 2.93                      |
| T3                 | 95 729.17                                       | \$ 2 871.87                  | \$1 102.39                        | 2.60                      |
| <b>TRATAMIENTO</b> | <b>RENDIMIENTO<br/>PROTEÍNA<br/>CRUDA KG/HA</b> | <b>INGRESOS</b>              | <b>COSTOS</b>                     | <b>B/C</b>                |
| T1                 | 2 637.25  | \$ 2 057.05                  | \$ 1 172.43                       | \$ 1.75                   |
| T2                 | 3 064.05  | \$ 2 389.95                  | \$ 1 154.53                       | \$ 2.07                   |
| T3                 | 2 699.37  | \$ 2 105.51                  | \$ 1 102.39                       | \$ 1.90                   |

\*/ \$0.03/kg de materia verde y \$0.78/kg de proteína vegetal.

\*\*/ Ver anexos A-58 al A-60.

\*\*\*/  $B/C = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}}$

## 5. CONCLUSIONES.

1. Con relación a la variable diámetro de tallo en (cm), el tratamiento que mayor diámetro mostró al final del ciclo de cada variedad, fue RCV, con un promedio de 1.71 cm, estadísticamente superior que las otras variedades, las cuales se comportaron similares siendo los promedios para la variedad CENTA S-2 de 1.60 cm y CENTA S-3 de 1.58 cm.
2. En la altura de planta, la variedad CENTA S-2, fue la que estadísticamente mejor se comportó seguida de CENTA S-3 y RCV al final del estudio, esto motivado por las características genotípicas que distinguen a cada variedad, siendo los promedios para CENTA S-2 de 3.171 m, CENTA S-3 de 3.105 m y RCV de 2.110 m.
3. La producción de biomasa expresada en kg/ha, fue estadísticamente mayor, para la variedad CENTA S-2 con un promedio de materia verde de 123 541.70 kg/ha, y estadísticamente similares las variedades CENTA S-3, con un promedio de 112 916.70 kg/ha, y 95 729.17 kg/ha para RCV, aunque estos dos últimos aritméticamente distintos.
4. En cuanto al análisis bromatológico, estadísticamente significativas fueron las diferencias entre tratamientos para el componente de humedad parcial, siendo T1=75.115 % y T2= 73.805 %, iguales estadísticamente e inferiores que T3= 77.316 %, el cual los supero estadísticamente.

5. Altamente significativa fue la diferencia entre tratamientos, con respecto al contenido de minerales, siendo superiores RCV (9.043 %) y CENTA S-2 (8.356 %), los cuales se comportaron similares estadísticamente, y mayores que CENTA S-3 (6.610 %).

6. El contenido de proteína cruda en las variedades fue estadísticamente significativo (99 %), presentando con mayor contenido de proteína a RCV (12.433 %), seguido de CENTA S-3 (10.361 %) y finalmente CENTA S-2 con (8.580 %), siendo estas dos ultimas iguales estadísticamente.

7. No significativa fue la respuesta de las pruebas estadísticas en relación a los componentes extracto etéreo y fibra cruda, esto debido a que son datos propios de las características genéticas de las variedades, siendo los promedios para el primer componente de T1= 2.051 %, T2= 2.228 %, T3= 2.206 % y para el segundo componente T1= 21.625 %, T2= 22.438 % y T3= 23.618 %.

8. Estadísticamente similares fueron los resultados promedios porcentuales del contenido de carbohidratos para CENTA S-2 (59.387 %) y CENTA S-3 (58.362 %), y ambos superiores que la variedad RCV con (52.698 %).

9. Considerando la producción de materia verde la variedad CENTA S-2, resulta ser la mejor opción económicamente, ya que presenta la mejor relación beneficio/costo con \$3.16, seguido de CENTA S-3 con \$2.93 y la variedad RCV que obtuvo \$ 2.60; y en base en el contenido de proteína la mejor opción es CENTA S-3 con una B/C (\$2.04), seguida de RCV (\$1.88) y CENTA S-2 (\$1.73), considerada en kg/ha de proteína cruda.

## **6. RECOMENDACIONES.**

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

1. A estudiantes e investigadores, realizar ensayos con las mismas variedades de sorgo en diferentes zonas edafoclimáticas y poder realizar recomendaciones en función de las diferentes zonas del país.
2. El requerimiento de fertilizante del cultivo en base a análisis de suelo fraccionarlo en tres aplicaciones, al momento de la siembra ó 10 días post-siembra, al segundo aporco (30 días post-siembra) y en la etapa de buche (10 días previos a la floración), haciendo énfasis en la aplicación de nitrógeno en esta última etapa, ya que de esta manera el cultivo aprovecha mayormente los fertilizantes y los transforma en altos rendimientos de biomasa con gran valor nutritivo.
3. Realizar ensayos con diferentes distanciamientos de siembra, para poder conocer como se incrementa o disminuye el rendimiento de biomasa, así como la calidad nutritiva de las variedades evaluadas.
4. En una ganadería tradicional donde se tienen vacas de baja producción de leche y sus necesidades principalmente es el mantenimiento se recomienda la variedad de sorgo CENTA S-2, por la alta producción de materia verde y por el buen contenido de carbohidratos, además esta variedad nos permite manejar un alto número de unidad animal por área.

5. En una ganadería donde el objetivo es la alta producción de leche, recomendamos la variedad RCV y CENTA S-3, ya que estas variedades nos aportan un alto valor proteico en la ración, lo que nos permite reducir costos en suplementos proteicos comerciales (harina de soya, harina de maní, concentrados etc.), para llenar necesidades de proteína que el animal necesita tanto para su mantenimiento como para la producción.

## 7. BIBLIOGRAFÍA.

1. ARNON, E. (1972). Producción de cosechas en regiones secas. Vol. 2. Leonard Hall. P. 683.
2. BENETT, W.F. Y TURKER, B. (1986). Producción moderna de grano de sorgo. Traducción Española: Editorial Hemisferio Sur, Argentina.
3. BLUM, A. (1977). Bases de la heterosidad en la diferenciación de la panícula de sorgo. Crop. Sci. USA. P. 880-882.
4. BRUGGERS, R.L. Y JAEGER, M.M. (1982). Bird pests and crop protection strategies for cereals of the semi-arid African tropics. In: ICRISAT. (1982). Sorghum in the eighties: proc. Int. symp. On sorghum, ICRISAT, India.
5. BERNARDIS, H.O., GARCÍA, P.A. Y FERRERO, A.R. (2001). Estructura del cultivo, fertilización nitrogenada, radiación interceptada y producción de materia seca en sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en siembra directa. Argentina.
6. BARTOLINI, R. (1990). El maíz. Ediciones mendiprensa castillo. 37 28001. Madrid España. P. 166.
7. BOCKMAR, CHR. O; KAARSTAD, O; LIE, H; RICHARD, I. (1990). Agricultura y fertilizante, fertilizantes en perspectiva Noruega hydromedia. P. 47.

8. BATEMAN, J.V. (1970). Nutrición Animal, Manual de Métodos Analíticos. México.
9. COBLEY, L.S., Y STEELE, W.M. (1976). Introducción a la botánica de cultivos tropicales. 2º edición, Publicaciones Longman.
10. CULTIVO DE SORGO (MAICILLO). Consultado el lunes 9 de octubre de (2006). Disponible en <http://www.centa.gob.sv/html/ciencia/granosbasicos/sorg.html>.
11. CENTRO DE INVERSIÓN, DESARROLLO Y EXPORTACIÓN DE AGRONEGOCIOS. (2003). Boletín N° 8. Preparación del suelo. Fintrac. IDEA. Colonia Escalón San Salvador, El Salvador.
12. CAPELLA H.C., KERGUELÉN S.M., CONTRERAS ÁVILA A., ROMERO DÍAZ A. Y GARCÍA PEÑA J. (2003). Manual técnico. Manejo agronómico de algunos cultivos forrajeros y técnicas para su conservación en la región caribe colombiana. Centro de Investigación Turipaná Cereté, Córdoba – Colombia. P. 52.
13. CENTA-MAG. (1995). Cultivo de maíz. Guía técnica programa de granos básicos. San Andrés, La Libertad, El Salvador, C. A.
14. CENTA-MAG. (2006). Convenio CENTA-INTSORMIL. Sorgo híbrido forrajero multicortes “CENTA SS-44”, nueva alternativa forrajera para incrementar la producción de leche. Boletín técnico N°. 16. San Andrés, La Libertad, El Salvador. P. 10.

15. CASTAÑON LION, G. (1991). Riego por aspersión. Agroguías mundiprensa, Castelló, 37 28001. P. 117.
16. DERAS, F; HÉCTOR, R. (CENTA-MAG). (2000). Informe de validación de la variedad de doble propósito CENTA S-3, Programa de Granos básicos. San Andrés, La Libertad, El Salvador P.11-13.
17. DOGGETT, H. (1988). Sorgo. 2º Ed. Agricultura tropical. Serie: Longman. P. 512.
18. DOWNES, R.W. (1968). Los efectos de la temperatura en el grano de sorgo. Aust. J. Agric. P. 19 - 49.
19. DEVLIN, R. (1975). Fisiología de las plantas. Tercera Edición. Publicaciones Van Nostrand Co.
20. DR. AVIDAN, A. (1994). Determinación del régimen de los cultivos; editorial haigiud. Ins cinadco. Ministerio de agricultura de Israel. Fascículo N° 2.
21. DERAS, H.R.; ALFARO, V.J.A.; MARIO, W; CORPIÑO Y BENÍTEZ J.L. (2000). Evaluación de la variedad de sorgo de doble propósito CENTA S-3. Programa de granos básicos CENTA.
22. DERAS, H.R.F. (2002). Evaluación preliminar de híbridos de sorgo (*Sorghum sp.* L. Moench) para forraje. Programa de granos básicos CENTA.

23. DOGGETT, H. (1970). Sorghum. Agricultura tropical. Serie: Longman, Harlow.
24. D.W. GILCHRIST, S. A. (1967). Practical course in agricultural chemistry. De. Pergamen press. Londres.
25. EASTIN, J.D., AND LEE, K.W. (1985). Sorghum bicolor. In: Halevy, A.H. (ed.) (1985). CRC Handbook of flowering, Vol.IV: CRC Press, Florida, USA.
26. EASTIN, J.D., HULTQUIS, J.H. Y SULLIVAN, C.Y. (1973). Madurez fisiológica en grano de sorgo. Crop Sci. P. 175-178.
27. EASTIN, J.D. (1972). Fotosíntesis y traslocación en relación con el desarrollo de las plantas. In: Prasada Rao, N.G., y House, L.R. (eds.) Sorgo en los 70's. Oxford y IBH Publ. Co., New Delhi.
28. EVANS, L.T., Y WARDLAW, I.F. (1976). Aspectos de comparación fisiológica de rendimiento de grano en cereales. Adv. Agron. P. 301-359.
29. EL SORGO O ZAHÍNA. Consultado el 31 de octubre de (2006).  
Disponible en:  
<http://www.unne.edu.ar/cyt/2002/05-Agrarias/A-079.pdf>.SORGO.
30. EVANS, L. T. (1983). Fisiología de los cultivos. 1ª Edición. Editorial Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires. Argentina.

31. ESPINOSA, V. E. (1964). Los distritos de riego. Director de la escuela nacional de agricultura. Chapango México. Compañía editorial continental, S. A. De F, México. 2da edición P. 45, 46.
32. ESCOBOSA LAVEAGA, A. Y TÉLLEZ, A.S. (2007). Producción de ganado lechero, México, D.F. P. 62.
33. EL TINAY, A.H. ABDEL GADIR, A.M. & EL HIDAI, M. (1979). sorghum fermented kisra bread. I. nutritive value of kisra. J. Sci. Food. Agric. P. 859-863.
34. FREDERIKSEN, R.A. (1986). Compendio de enfermedades de sorgo. Am. Sociedad Fitopatologica. Publ., Minnesota, USA.
35. FISHER, K.S., Y WILSON, G.L. (1971). Estudios de la producción de grano en *Sorghum vulgare*. I. Intervención de la fotosíntesis en el rendimiento de grano previo a la floración. Aust. J. Agric. P. 33-37.
36. FISHER, K.S., Y WILSON, G.L. (1971). Estudios de la producción de grano en *Sorghum vulgare*. II. Sitio responsable para la producción de materia seca en grano durante el período post-antesis. Aust. J. Agric. P. 39-47.
37. FAO. (1965). Los fertilizantes y su empleo, Guía de los extensionistas. Programa de fertilidad de la C.N.C.H. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. P. 2,10, 11,32.
38. FONTANETTO, H. (1977). Adecuada densidad de plantas para el Sorgo Granífero. I.N.T.A. Rafaela. Comunicado de prensa N° 388.

39. FAO, (1972). Improvement & production of maize, sorghum, and millets. Lectures of 1<sup>st</sup> FAO/SIDA training course, India.
40. FREDDY M. ESPINOZA M.; PATRICIA M. ARGENTI DE E.; JOSÉ L. GIL G.; EFRÉN PERDOMO; LUIS LEÓN (1991). Rendimiento y calidad nutritiva de cuatro híbridos y una variedad de sorgo forrajero (*sorghum bicolor* pers.) bajo riego complementario. FONAIAP, Instituto de Investigaciones Zootécnicas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Apto. Postal 4653. Maracay, estado Aragua. Venezuela.
41. GARNER, F.P., PEARCE, R.B, Y MITCHELL, R.L. (1985). Fisiología de plantas cultivadas. Prensa de la Universidad de Iowa.
42. GRAETZ, H. A. (1985). Suelos y fertilizantes. Editorial triller. 5ta Re Impresión. P. 27, 29,59.
43. GUDIELL, V.M. (1987). Manual agrícola super B. 4<sup>a</sup> ed. Guatemala. Productos super B. Manual agrícola 6.
44. HAY, R.K.M., Y WALKER, A.J. (1989). Una introducción a la fisiología de rendimientos de cultivos. Longman Scientific and Technical.
45. HORWITZ, W. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS. (1980). Of the Association of official Analytical Chemists (AOAC).
46. HOUSE, L.R. (1985). Guía para la educación del sorgo. 2<sup>o</sup> Edición, ICRISAT, India.

47. HEATH, M.E.; METCALFE, D.S. Y BARNES, R.E. (1973). Forages. 3<sup>rd</sup> edn: Iowa state univ. press, Ames, Iowa.
48. HULSE, J.H.; LAING, E.M. Y PEARSON, O.E. (1980). Sorghum and the millets: their composition and nutritive value. Academic press.
49. JORDAN, W.R. MCCRARY, M. Y MILLER, F.R. (1979 a).  
Compensatory growth in the crow foot system of sorghum. Agron. J. P. 805-806.
50. JACOB, A. ; NEX KULL. (1973). Fertilización, nutrición y abonos de los cultivos tropicales y sub-tropicales. Trad. Por López Martínez de Alba. D.F. ; México. 4ta edición Euro América. P. 40,47,48,50-54,57,59,65,68,69,80,125.
51. KRIEG, D.R. (1983). Sorghum. In. Teare, I.D., and Peet, M.M. (eds) (1983). Crop-Water relations: John Wiley y Sons. USA. P. 547.
52. LEE, K.W., LOMMASSON, R.C., Y EASTIN, J.D. (1974). Desarrollo de estudios en la iniciación de la panícula en sorgo. Crop Sci. USA. P. 80-84.
53. LECHERÍA. EL SORGO FORRAJERO ¿PUEDE SER UN SUSTITUTO DEL MAÍZ? (2002). Consultado el 17 de febrero de (2007).  
<http://www.elsitioagricola.com/articulos/romero/Lecheria%20%20El%20Sorgo%20Forrajero%20como%20Sustituto%20del%20Maiz%20-%202002.asp>.

54. LORINE H. (1970). Métodos para el análisis químico y la evaluación biológica de alimentos para animales. Center for Tropical Agriculture, Universidad de Florida.
55. MAG-CENTA. (1998). Hoja Divulgativa 160, RCV nueva variedad de sorgo. Programa Regional de Reforzamiento a la Investigación Agronómica sobre Granos en Centroamérica. PRIAG. San Andrés, La Libertad, El Salvador, C.A.
56. MAITI, R. (1986). Morfología, crecimiento y desarrollo del sorgo: Facultad de Agronomía., Universidad Autónoma Nuevo León, México.
57. MILTHORPE, F.L., Y MOORBY. (1979). Una introducción a la fisiología de los cultivos. 2 Ed. Editada por la Prensa de la Universidad de Cambridge. P. 244.
58. MITCHELL, K.J. (1953). Fisiología de las plantas. P. 425-443.
59. MANUAL DE SORGO. Consultado el lunes 9 de octubre de (2006).  
Disponible en:  
<http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/insumosagropecuarios/agricolas/semillashibridas/cargill/manualsorgo/manualsorgocargill00.html>.
60. MCCORMICK, M.E. (1984). Sorghum utilization in forage-based livestock programs. In: Duncan, R.R. (ed) (1984). proc. Grain sorghum short course. Univ. Georgia Agric. Expt. Stn. Griffin. Georgia.

61. NEUSEL, M.JR. (1974). Publicación botánica Hamilton. Co., California.
62. OFFICIAL METHOD OF ANALYSIS OF THE ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. (1980). 13 Edition published by the association of official analytical, chemists, Washington, D.C.
63. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD). (2002). Manuales sobre energía renovable: Biomasa/ Biomasa Users Network. 1ª Edición. San José, Costa Rica. P. 54.
64. PAUL, C.L. (1980). Datos no publicados. CIMMIT Exp. Stn., CIMMIT, México.
65. PROGRAMA DE GRANOS BÁSICOS. (1995). Guía técnica. Cultivo de sorgo. Editado y Publicado en la Unidad de Comunicaciones de la Gerencia de Servicios Técnicos del CENTA. San Andrés, La Libertad, El Salvador, C.A. P. 32.
66. PEACOCK., J.M., AND WILSON, G.L. (1984). Sorghum. In: Goldsworthy, P., and Fisher, N.M. (eds.) (1984). The Physiology of field crops: John Wiley and Sons Ltd.
67. PURSEGLOVE, J.W. (1972). Cosecha tropical I. Monocotiledóneas. Longman. P. 259-286.

68. PAÚL, C.L. (1990). Agronomía del sorgo. Programa de mejoramiento de sorgo del ICRISAT para América Latina (ICRISAT/LASIP). India.
69. PETERSON, G. Y WASTFALL, D. (1998). El uso eficiente del nitrógeno en siembra directa. 6° Congreso Nacional de AAPRESID. Mar del Plata. Argentina.
70. PAÚL, C.L., Y OJEDA YAÑÉZ, D. (1987). Datos no publicados. ICRISAT/LASIMIT, CIMMYT, México.
71. PÉREZ, D.M. (1978). Manual sobre ganado lechero. Patronato para apoyo de la investigación pecuaria, México, D.F.
72. RECOLECCIÓN Y EVALUACIÓN DE GERMOPLASMA DEL SORGO [http://www.Cimmyt.Org/English/transg/Cimmit\\_responde\\_22\\_feb\\_02.htm](http://www.Cimmyt.Org/English/transg/Cimmit_responde_22_feb_02.htm).
73. RAMAZINI, H. (2004). Técnicas de producción y manejo para cultivar de tomate y pimiento en invernadero en zonas calidas de Guatemala.
74. SÁNCHEZ A.M; RAMOA H. A. CULTIVO DE SORGO GRANÍFERO. Consultado el 15 de Agosto de (2006). Disponible en: [isiavda@trcnet.com.ar](mailto:isiavda@trcnet.com.ar) ó [sanchezmi@mixmail.com](mailto:sanchezmi@mixmail.com).
75. SORGO. Consultado el 15 de agosto de (2006). Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/html/ciencia/granosbasicos/maiz.html>.

76. SARASOLA, AA. , ROCCA DE SARASOLA, M.A. (1975).  
Fitopatología. Fisiogenética. Tomo 4. Buenos Aires, Argentina. 1era edición P. 139, 141-143, 145,146.
77. SALVADOR, Z. H.; HERNÁNDEZ, M. A.; AYALA MORÁN, J. E.;  
GUZMÁN DE SERRANO, R. F.; BORJA, C. A.; ALVARADO DE  
TORRES, M. Y CALDERÓN, V. R. (MAG-CENTA-  
INTSORMIL). (2007). Guía técnica del sorgo (*Sorghum bicolor*, L.  
Moench). 1ª Edición. San Andrés, La Libertad, El Salvador. P. 37.
78. SCHARRER, K. (1960). Química agrícola. Tomo 1. Editorial UTEHA.  
P. 16.
79. TESAR, M.B. (1984). Fisiología básica de cultivos en crecimiento y  
desarrollo. Publicaciones ASA., Madison, Wisconsin, USA.
80. TISDALE, S.L., NELSON, W.L., Y BEATON, J.D. (1985). Tierra  
fertilidad y fertilizante. 4º edición: Publicaciones Macmillan. Co.,  
New York.
81. TABLA DE COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS.  
Consultado el 30/05/07.  
[http://www.engormix.com/a\\_hora\\_senalada\\_cual\\_s\\_articulos\\_647\\_.  
htm](http://www.engormix.com/a_hora_senalada_cual_s_articulos_647_.htm).
82. TUTOR INTERACTIVO. Enciclopedia General para la Enseñanza.  
MMIII Editorial OCEANO Milanesat, 21-23, volumen I, impreso en  
Barcelona España. P. 373.

83. UN POCO DE PACIENCIA. Consultado el 15 abril de (2005). <http://www.BobStanley.Htm>.
84. VEGA LARA, R. Y CLARA, V.R. (MAG-CENTA). (1984). Conozca la variedad de sorgo CENTA S-2. Boletín técnico N° 11. Departameto de comunicaciones. San Andrés, La Libertad, El Salvador, C.A.. P. 1-5.
85. VANDERLIP, R.L. (1972). Como se desarrolla la planta de sorgo: Coop. Ext. Serv., Kansas State Univ. Contribution N° 1203, Kansas Agric. Exp. Stn., Manhattan, Kansas, USA.
86. VANDERLIP, R.L. (1972). Expansión territorial del sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Agron. J. P. 13-16.
87. VILLAR, J. Y QUAINO, O. (1980). Evaluación de cultivares de Sorgo Granífero mediante parámetros de adaptabilidad y estabilidad. I.N.T.A. Informe técnico N° 52.
88. WALL, J.S., Y ROSS W.M. (1970). Producción y utilización de sorgo. AVI, Westport, Conn., USA.
89. WAGGLE, D.H. DEYOE, C.W. Y SMITH, F.W. (1967). effect of nitrogen fertilization on the amino acid composition & distribution in sorghum grain. Crop. Sci. P. 367-368.
90. ZUMBAMBO, A. R., (2005). Conceptos aplicados de nutrición mineral en ganado lechero. Costa Rica.

# ***ANEXOS***

CUADRO A-1. Diámetro promedio de plantas (cm) en la primera medición (15 días post-siembra).

| Tratamiento | Variedad   | BI    | BII   | BIII  | BIV   | BV    | BVI   | $\Sigma x$ | X     |
|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| T1          | CENTA S-2  | 0.380 | 0.370 | 0.360 | 0.350 | 0.400 | 0.210 | 2.070      | 0.345 |
| T2          | CENTA S-3  | 0.220 | 0.260 | 0.230 | 0.210 | 0.220 | 0.230 | 1.370      | 0.228 |
| T3          | RCV        | 0.300 | 0.370 | 0.320 | 0.320 | 0.310 | 0.280 | 1.900      | 0.316 |
|             |            |       |       |       |       |       |       |            |       |
|             | $\Sigma x$ | 0.900 | 1.000 | 0.910 | 0.880 | 0.930 | 0.720 | 5.340      |       |
|             | X          | 0.300 | 0.333 | 0.303 | 0.293 | 0.310 | 0.240 |            | 0.296 |

CUADRO A-2. Diámetro promedio de plantas (cm) en la segunda medición (30 días post-siembra).

| Tratamiento | Variedad   | BI    | BII   | BIII  | BIV   | BV    | BVI   | $\Sigma x$ | X     |
|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| T1          | CENTA S-2  | 1.675 | 1.570 | 1.590 | 1.755 | 1.460 | 1.610 | 9.660      | 1.610 |
| T2          | CENTA S-3  | 1.655 | 1.580 | 1.270 | 1.155 | 1.375 | 1.465 | 8.500      | 1.416 |
| T3          | RCV        | 1.735 | 1.370 | 1.305 | 1.325 | 1.425 | 1.500 | 8.660      | 1.443 |
|             |            |       |       |       |       |       |       |            |       |
|             | $\Sigma x$ | 5.065 | 4.520 | 4.165 | 4.235 | 4.260 | 4.575 | 26.820     |       |
|             | X          | 1.688 | 1.506 | 1.388 | 1.411 | 1.420 | 1.525 |            | 1.490 |

CUADRO A-3. Diámetro promedio de plantas (cm) en la tercera medición (45 días post-siembra).

| Tratamiento | Variedad   | BI    | BII   | BIII  | BIV   | BV    | BVI   | $\Sigma x$ | X     |
|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| T1          | CENTA S-2  | 1.685 | 1.770 | 1.700 | 1.800 | 1.665 | 1.640 | 10.260     | 1.710 |
| T2          | CENTA S-3  | 1.730 | 1.855 | 1.800 | 1.685 | 1.650 | 1.620 | 10.340     | 1.723 |
| T3          | RCV        | 1.850 | 1.920 | 1.950 | 1.950 | 1.880 | 1.855 | 11.405     | 1.900 |
|             |            |       |       |       |       |       |       |            |       |
|             | $\Sigma x$ | 5.265 | 5.545 | 5.450 | 5.435 | 5.195 | 5.115 | 32.005     |       |
|             | X          | 1.755 | 1.848 | 1.816 | 1.811 | 1.731 | 1.705 |            | 1.778 |

CUADRO A-4. Diámetro promedio de plantas (cm) en la cuarta medición (60 días post-siembra).

| Tratamiento | Variedad   | BI    | BII   | BIII  | BIV   | BV    | BVI   | $\Sigma x$ | X     |
|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| T1          | CENTA S-2  | 1.560 | 1.540 | 1.510 | 1.680 | 1.520 | 1.600 | 9.410      | 1.568 |
| T2          | CENTA S-3  | 1.660 | 1.480 | 1.510 | 1.460 | 1.460 | 1.460 | 9.030      | 1.505 |
| T3          | RCV        | 1.700 | 1.780 | 1.730 | 1.760 | 1.660 | 1.740 | 10.370     | 1.728 |
|             |            |       |       |       |       |       |       |            |       |
|             | $\Sigma x$ | 4.920 | 4.800 | 4.750 | 4.900 | 4.640 | 4.800 | 28.810     |       |
|             | X          | 1.640 | 1.600 | 1.583 | 1.633 | 1.546 | 1.600 |            | 1.600 |

CUADRO A-5. Diámetro promedio de plantas (cm) en la quinta medición (75 días post-siembra).

| Tratamiento | Variedad   | BI    | BII   | BIII  | BIV   | BV    | BVI   | $\Sigma x$ | X     |
|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| T1          | CENTA S-2  | 1.510 | 1.630 | 1.500 | 1.630 | 1.400 | 1.490 | 9.160      | 1.526 |
| T2          | CENTA S-3  | 1.460 | 1.410 | 1.460 | 1.460 | 1.380 | 1.360 | 8.530      | 1.421 |
| T3          | RCV        | 1.620 | 1.740 | 1.660 | 1.820 | 1.620 | 1.800 | 10.260     | 1.710 |
|             |            |       |       |       |       |       |       |            |       |
|             | $\Sigma x$ | 4.590 | 4.780 | 4.620 | 4.910 | 4.400 | 4.650 | 27.950     |       |
|             | X          | 1.530 | 1.593 | 1.540 | 1.637 | 1.466 | 1.550 |            | 1.552 |

CUADRO A-6. Diámetro promedio de tallo (cm) en la sexta medición (90 días post-siembra).

| Tratamiento | Variedad   | BI    | BII   | BIII  | BIV   | BV    | BVI   | $\Sigma x$ | X     |
|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| T1          | CENTA S-2  | 1.640 | 1.580 | 1.610 | 1.610 | 1.550 | 1.600 | 9.590      | 1.600 |
| T2          | CENTA S-3  | 1.640 | 1.560 | 1.570 | 1.510 | 1.600 | 1.570 | 9.450      | 1.580 |
| T3          | RCV        | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000      | 0.000 |
|             |            |       |       |       |       |       |       |            |       |
|             | $\Sigma x$ | 3.280 | 3.140 | 3.180 | 3.120 | 3.150 | 3.170 | 19.040     |       |
|             | X          | 1.093 | 1.046 | 1.060 | 1.040 | 1.050 | 1.057 |            | 1.060 |

CUADRO A-7. ANVA general para la primera medición de diámetro de tallo (cm) (15 días post- siembra).

| F de V      | Gl | SC         | CM         | FC         | Ft.  |      |
|-------------|----|------------|------------|------------|------|------|
|             |    |            |            |            | 5%   | 1%   |
| Tratamiento | 2  | 0.04443333 | 0.02221667 | 14.84 **   | 4.10 | 7.56 |
| Bloques     | 5  | 0.0144     | 0.00288    | 1.920 n/s. | 3.33 | 5.64 |
| Error       | 10 | 0.01496667 | 0.00149667 |            |      |      |
| Total       | 17 |            |            |            |      |      |

CUADRO A-8. ANVA general para la segunda medición de diámetro de tallo (cm) (30 días post- siembra).

| F de V      | Gl | SC         | CM         | FC               | Ft.  |      |
|-------------|----|------------|------------|------------------|------|------|
|             |    |            |            |                  | 5%   | 1%   |
| Tratamiento | 2  | 0.13173333 | 0.06586667 | 3.93 <b>n/s.</b> | 4.10 | 7.56 |
| Bloques     | 5  | 0.18663333 | 0.03732667 | 2.22 <b>n/s.</b> | 3.33 | 5.64 |
| Error       | 10 | 0.16778333 | 0.01677833 |                  |      |      |
| Total       | 17 |            |            |                  |      |      |

CUADRO A-9. ANVA general para la tercera medición de diámetro de tallo (cm) (45 días post- siembra).

| F de V      | Gl | SC         | CM         | FC       | Ft.  |      |
|-------------|----|------------|------------|----------|------|------|
|             |    |            |            |          | 5%   | 1%   |
| Tratamiento | 2  | 0.13620278 | 0.06810139 | 28.72 ** | 4.10 | 7.56 |
| Bloques     | 5  | 0.04674028 | 0.00934806 | 3.94 *   | 3.33 | 5.64 |
| Error       | 10 | 0.02371389 | 0.00237139 |          |      |      |
| Total       | 17 |            |            |          |      |      |

CUADRO A-10. ANVA general para la cuarta medición de diámetro de tallo (cm) (60 días post- siembra).

| F de V      | Gl | SC         | CM         | FC        | Ft.            |
|-------------|----|------------|------------|-----------|----------------|
|             |    |            |            |           | 5%      1%     |
| Tratamiento | 2  | 0.15897778 | 0.07948889 | 18.65 **  | 4.10      7.56 |
| Bloques     | 5  | 0.01749444 | 0.00349889 | 0.82 n/s. | 3.33      5.64 |
| Error       | 10 | 0.04262222 | 0.00426222 |           |                |
| Total       | 17 |            |            |           |                |

CUADRO A-11. ANVA general para la quinta medición de diámetro de tallo (cm) (75 días post-siembra).

| F de V      | Gl | SC         | CM         | FC               | Ft.            |
|-------------|----|------------|------------|------------------|----------------|
|             |    |            |            |                  | 5%      1%     |
| Tratamiento | 2  | 0.25554444 | 0.12777222 | 32.55 **         | 4.10      7.56 |
| Bloques     | 5  | 0.05036111 | 0.01007222 | 2.57 <b>n/s.</b> | 3.33      5.64 |
| Error       | 10 | 0.03925556 | 0.00392556 |                  |                |
| Total       | 17 |            |            |                  |                |

CUADRO A-12. ANVA general para la sexta medición de diámetro de tallo (cm) (90 días post-siembra).

| F de V      | Gl | SC         | CM         | FC         | Ft.  |      |
|-------------|----|------------|------------|------------|------|------|
|             |    |            |            |            | 5%   | 1%   |
| Tratamiento | 2  | 10.0716778 | 5.0358389  | 5773.57 ** | 4.10 | 7.56 |
| Bloques     | 5  | 0.00531111 | 0.00106222 | 1.22 n/s.  | 3.33 | 5.64 |
| Error       | 10 | 0.00872222 | 0.00087222 |            |      |      |
| Total       | 17 | 10.0857111 |            |            |      |      |

CUADRO A-13. Prueba de tukey para tratamientos en primera medición (15 días post-siembra) de diámetro de tallo (cm).

|         | T2      | T3   | T1   |
|---------|---------|------|------|
|         | 0.23    | 0.32 | 0.35 |
| T2 0.23 | 0       | 0    | 0    |
| T3 0.32 | 0.09 ** | 0    | 0    |
| T1 0.35 | 0.12 ** | 0.03 | 0    |

Valor crítico de comparación de diferencias:

|        |         |
|--------|---------|
| T 0.05 | 2.74 *  |
| T 0.01 | 3.73 ** |

CUADRO A-14. Prueba de tukey para tratamientos en tercera medición (45 días post-siembra) de diámetro de tallo (cm).

|         | T1      | T2      | T3   |
|---------|---------|---------|------|
|         | 1.71    | 1.72    | 1.90 |
| T1 1.71 | 0       | 0       | 0    |
| T2 1.72 | 0.47    | 0       | 0    |
| T3 1.90 | 6.79 ** | 6.31 ** | 0    |

Valor crítico de comparación de diferencias:

|        |         |
|--------|---------|
| T 0.05 | 2.74 *  |
| T 0.01 | 3.73 ** |

CUADRO A-15. Prueba de tukey para tratamientos en la cuarta medición (60 días post-siembra) de diámetro de tallo (cm).

|         | T2      | T1      | T3   |
|---------|---------|---------|------|
|         | 1.51    | 1.57    | 1.73 |
| T2 1.51 | 0       | 0       | 0    |
| T1 1.57 | 1.68    | 0       | 0    |
| T3 1.73 | 5.93 ** | 4.24 ** | 0    |

Valor crítico de comparación de diferencias:

|        |         |
|--------|---------|
| T 0.05 | 2.74 *  |
| T 0.01 | 3.73 ** |

CUADRO A-16. Prueba de tukey para tratamientos en la quinta medición (75 días post-siembra) de diámetro de tallo (cm).

|         | T2      | T1      | T3   |
|---------|---------|---------|------|
|         | 1.42    | 1.53    | 1.71 |
| T2 1.42 | 0       | 0       | 0    |
| T1 1.53 | 2.90 *  | 0       | 0    |
| T3 1.71 | 7.97 ** | 5.07 ** | 0    |

Valor crítico de comparación de diferencias:

|        |         |
|--------|---------|
| T 0.05 | 2.74 *  |
| T 0.01 | 3.73 ** |

CUADRO A-17. Prueba de tukey para tratamientos en la sexta medición (90 días post-siembra) de diámetro de tallo (cm).

|         | T3       | T2   | T1   |
|---------|----------|------|------|
|         | 0.00     | 1.58 | 1.60 |
| T3 0.00 | 0        | 0    | 0    |
| T2 1.58 | 92.37 ** | 0    | 0    |
| T1 1.60 | 93.74 ** | 1.37 | 0    |

Valor crítico de comparación de diferencias:

|        |         |
|--------|---------|
| T 0.05 | 2.74 *  |
| T 0.01 | 3.73 ** |

CUADRO A-18. Altura de planta promedio (m) en la primera medición (15 días post-siembra).

| Tratamiento | Variedad   | BI    | BII   | BIII  | BIV   | BV    | BVI   | $\Sigma x$ | X     |
|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| T1          | CENTA S-2  | 0.252 | 0.333 | 0.296 | 0.281 | 0.354 | 0.262 | 1.778      | 0.296 |
| T2          | CENTA S-3  | 0.197 | 0.287 | 0.291 | 0.286 | 0.283 | 0.252 | 1.596      | 0.266 |
| T3          | RCV        | 0.239 | 0.357 | 0.336 | 0.298 | 0.291 | 0.249 | 1.770      | 0.295 |
|             |            |       |       |       |       |       |       |            |       |
|             | $\Sigma x$ | 0.688 | 0.977 | 0.923 | 0.865 | 0.928 | 0.763 | 5.144      |       |
|             | X          | 0.229 | 0.325 | 0.308 | 0.288 | 0.309 | 0.254 |            | 0.285 |

CUADRO A-19. Altura de planta promedio (m) en la segunda medición (30 días post-siembra).

| Tratamiento | Variedad   | BI    | BII   | BIII  | BIV   | BV    | BVI   | $\Sigma x$ | X     |
|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| T1          | CENTA S-2  | 0.932 | 1.017 | 1.022 | 1.027 | 1.067 | 0.884 | 5.949      | 0.991 |
| T2          | CENTA S-3  | 0.723 | 0.782 | 0.857 | 0.960 | 0.904 | 0.955 | 5.181      | 0.863 |
| T3          | RCV        | 0.903 | 0.803 | 0.737 | 0.843 | 0.911 | 0.886 | 5.083      | 0.847 |
|             |            |       |       |       |       |       |       |            |       |
|             | $\Sigma x$ | 2.558 | 2.602 | 2.616 | 2.830 | 2.882 | 2.725 | 16.210     |       |
|             | X          | 0.853 | 0.867 | 0.872 | 0.943 | 0.961 | 0.908 |            | 0.901 |

CUADRO A-20. Altura de planta promedio (m) en la tercera medición (45 días post-siembra).

| Tratamiento | Variedad   | BI    | BII   | BIII  | BIV   | BV    | BVI   | $\Sigma x$ | X     |
|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| T1          | CENTA S-2  | 2.183 | 2.114 | 2.127 | 2.139 | 2.154 | 2.216 | 12.930     | 2.155 |
| T2          | CENTA S-3  | 1.633 | 1.770 | 1.563 | 1.699 | 1.678 | 1.797 | 10.140     | 1.690 |
| T3          | RCV        | 1.429 | 1.465 | 1.467 | 1.519 | 1.515 | 1.568 | 8.963      | 1.494 |
|             |            |       |       |       |       |       |       |            |       |
|             | $\Sigma x$ | 5.245 | 5.349 | 5.157 | 5.357 | 5.347 | 5.581 | 32.040     |       |
|             | X          | 1.748 | 1.783 | 1.719 | 1.785 | 1.782 | 1.860 |            | 1.780 |

CUADRO A-21. Altura de planta promedio (m) en la cuarta medición (60 días post-siembra).

| Tratamiento | Variedad   | BI    | BII   | BIII  | BIV   | BV    | BVI   | $\Sigma x$ | X     |
|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| T1          | CENTA S-2  | 2.604 | 2.292 | 2.659 | 2.786 | 2.813 | 2.727 | 15.880     | 2.647 |
| T2          | CENTA S-3  | 2.422 | 2.366 | 2.246 | 2.410 | 2.351 | 2.464 | 14.260     | 2.376 |
| T3          | RCV        | 1.601 | 1.638 | 1.646 | 1.686 | 1.729 | 1.707 | 10.010     | 1.667 |
|             |            |       |       |       |       |       |       |            |       |
|             | $\Sigma x$ | 6.627 | 6.296 | 6.551 | 6.882 | 6.893 | 6.898 | 40.150     |       |
|             | X          | 2.209 | 2.098 | 2.184 | 2.294 | 2.298 | 2.299 |            | 2.230 |

CUADRO A-22. Altura de planta promedio (m) en la quinta medición (75 días post-siembra).

| Tratamiento | Variedad   | BI    | BII   | BIII  | BIV   | BV    | BVI   | $\Sigma x$ | X     |
|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| T1          | CENTA S-2  | 3.063 | 2.988 | 3.141 | 3.118 | 3.063 | 3.043 | 18.420     | 3.069 |
| T2          | CENTA S-3  | 3.037 | 3.075 | 2.998 | 2.986 | 2.956 | 3.008 | 18.060     | 3.010 |
| T3          | RCV        | 2.120 | 2.103 | 2.027 | 2.092 | 2.169 | 2.153 | 12.660     | 2.110 |
|             |            |       |       |       |       |       |       |            |       |
|             | $\Sigma x$ | 8.220 | 8.166 | 8.166 | 8.196 | 8.188 | 8.204 | 49.140     |       |
|             | X          | 2.740 | 2.722 | 2.722 | 2.732 | 2.729 | 2.735 |            | 2.730 |

CUADRO A-23. Altura de planta promedio (m) en la sexta medición (90 días post-siembra).

| Tratamiento | Variedad   | BI    | BII   | BIII  | BIV   | BV    | BVI   | $\Sigma x$ | X     |
|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| T1          | CENTA S-2  | 3.143 | 3.099 | 3.207 | 3.200 | 3.187 | 3.194 | 19.030     | 3.171 |
| T2          | CENTA S-3  | 3.051 | 3.101 | 3.151 | 3.084 | 3.109 | 3.136 | 18.630     | 3.105 |
| T3          | RCV        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0          | 0     |
|             |            |       |       |       |       |       |       |            |       |
|             | $\Sigma x$ | 6.194 | 6.200 | 6.358 | 6.284 | 6.296 | 6.330 | 37.660     |       |
|             | X          | 2.065 | 2.066 | 2.119 | 2.094 | 2.099 | 2.110 |            | 2.092 |

CUADRO A-24. ANVA general para la primera medición de altura de planta (m) (15 días post-siembra).

| F de V      | Gl | SC         | CM         | FC              | Ft.  |      |
|-------------|----|------------|------------|-----------------|------|------|
|             |    |            |            |                 | 5%   | 1%   |
| Tratamiento | 2  | 0.00351945 | 0.00175973 | 3.43 <b>n/s</b> | 4.10 | 7.56 |
| Bloques     | 5  | 0.020453   | 0.0040906  | 7.96 *          | 3.33 | 5.64 |
| Error       | 10 | 0.00513701 | 0.0005137  |                 |      |      |
| Total       | 17 | 10.0857111 |            |                 |      |      |

CUADRO A-25. ANVA general para la segunda medición de altura de planta (m) (30 días post-siembra).

| F de V      | Gl | SC         | CM         | FC        | Ft.  |      |
|-------------|----|------------|------------|-----------|------|------|
|             |    |            |            |           | 5%   | 1%   |
| Tratamiento | 2  | 0.07496578 | 0.03748289 | 5.94 *    | 4.10 | 7.56 |
| Bloques     | 5  | 0.02914828 | 0.00582966 | 0.92 n/s. | 3.33 | 5.64 |
| Error       | 10 | 0.06304356 | 0.00630436 |           |      |      |
| Total       | 17 |            |            |           |      |      |

CUADRO A-26. ANVA general para la tercera medición de altura de planta (m) (45 días post- siembra).

| F de V      | Gl | SC         | CM         | FC               | Ft.  |      |
|-------------|----|------------|------------|------------------|------|------|
|             |    |            |            |                  | 5%   | 1%   |
| Tratamiento | 2  | 1.38594878 | 0.69297439 | 296.85 **        | 4.10 | 7.56 |
| Bloques     | 5  | 0.03367044 | 0.00673409 | 2.88 <b>n/s.</b> | 3.33 | 5.64 |
| Error       | 10 | 0.02334389 | 0.00233439 |                  |      |      |
| Total       | 17 |            |            |                  |      |      |

CUADRO A-27. ANVA general para la cuarta medición de altura de planta (m) (60 días post-siembra).

| F de V      | Gl | SC         | CM         | FC               | Ft.  |      |
|-------------|----|------------|------------|------------------|------|------|
|             |    |            |            |                  | 5%   | 1%   |
| Tratamiento | 2  | 3.06745911 | 1.53372956 | 126.31 **        | 4.10 | 7.56 |
| Bloques     | 5  | 0.09995161 | 0.01999032 | 1.65 <b>n/s.</b> | 3.33 | 5.64 |
| Error       | 10 | 0.12142156 | 0.01214216 |                  |      |      |
| Total       | 17 |            |            |                  |      |      |

CUADRO A-28. ANVA general para la quinta medición de altura de planta (m) (75 días post-siembra).

| F de V      | Gl | SC         | CM         | FC        | Ft.            |
|-------------|----|------------|------------|-----------|----------------|
|             |    |            |            |           | 5%      1%     |
| Tratamiento | 2  | 3.46272533 | 1.73136267 | 488.89 ** | 4.10      7.56 |
| Bloques     | 5  | 0.00076267 | 0.00015253 | 0.04 n/s. | 3.33      5.64 |
| Error       | 10 | 0.035414   | 0.0035414  |           |                |
| Total       | 17 |            |            |           |                |

CUADRO A-29. ANVA general para la sexta medición de altura de planta (m) (90 días post-siembra).

| F de V      | Gl | SC      | CM       | FC               | Ft.  |      |
|-------------|----|---------|----------|------------------|------|------|
|             |    |         |          |                  | 5%   | 1%   |
| Tratamiento | 2  | 39.4139 | 19.70696 | 25200.72 **      | 4.10 | 7.56 |
| Bloques     | 5  | 0.0075  | 0.00151  | 1.93 <b>n/s.</b> | 3.33 | 5.64 |
| Error       | 10 | 0.0078  | 0.00078  |                  |      |      |
| Total       | 17 | 39.4293 |          |                  |      |      |

CUADRO A-30. Prueba de tukey para tratamientos en la segunda medición (30 días post-siembra) de altura de planta (m).

|          | T3     | T2     | T1    |
|----------|--------|--------|-------|
|          | 0.847  | 0.863  | 0.991 |
| T3 0.847 | 0      | 0      | 0     |
| T2 0.863 | 0.36   | 0      | 0     |
| T1 0.991 | 3.15 * | 2.79 * | 0     |

Valor crítico de comparación de diferencias:

|        |         |
|--------|---------|
| T 0.05 | 2.74 *  |
| T 0.01 | 3.73 ** |

CUADRO A-31. Prueba de tukey para tratamientos en la tercera medición (45 días post-siembra) de altura de planta (m).

|          | T3       | T2       | T1    |
|----------|----------|----------|-------|
|          | 1.494    | 1.690    | 2.155 |
| T3 1.494 | 0        | 0        | 0     |
| T2 1.690 | 7.03 **  | 0        | 0     |
| T1 2.155 | 23.72 ** | 16.69 ** | 0     |

Valor crítico de comparación de diferencias:

|        |         |
|--------|---------|
| T 0.05 | 2.74 *  |
| T 0.01 | 3.73 ** |

CUADRO A-32. Prueba de tukey para tratamientos en la cuarta medición (60 días post-siembra) de altura de planta (m).

|          | T3       | T2      | T1    |
|----------|----------|---------|-------|
|          | 1.667    | 2.376   | 2.647 |
| T3 1.667 | 0        | 0       | 0     |
| T2 2.376 | 11.14 ** | 0       | 0     |
| T1 2.647 | 15.39 ** | 4.25 ** | 0     |

Valor crítico de comparación de diferencias:

|        |         |
|--------|---------|
| T 0.05 | 2.74 *  |
| T 0.01 | 3.73 ** |

CUADRO A-33. Prueba de tukey para tratamientos en la quinta medición (75 días post-siembra) de altura de planta (m).

|          | T3       | T2    | T1    |
|----------|----------|-------|-------|
|          | 2.110    | 3.010 | 3.069 |
| T3 2.110 | 0        | 0     | 0     |
| T2 3.010 | 26.18 ** | 0     | 0     |
| T1 3.069 | 27.90 ** | 1.73  | 0     |

Valor crítico de comparación de diferencias:

|        |         |
|--------|---------|
| T 0.05 | 2.74 *  |
| T 0.01 | 3.73 ** |

CUADRO A-34. Prueba de tukey para tratamientos en la quinta medición (90 días post-siembra) de altura de planta (m).

|          | T3        | T2      | T1    |
|----------|-----------|---------|-------|
|          | 0.000     | 3.105   | 3.171 |
| T3 0.000 | 0         | 0       | 0     |
| T2 3.105 | 192.34 ** | 0       | 0     |
| T1 3.171 | 196.45 ** | 4.11 ** | 0     |

Valor crítico de comparación de diferencias:

|        |         |
|--------|---------|
| T 0.05 | 2.74 *  |
| T 0.01 | 3.73 ** |

CUADRO A-35. Promedio de Rendimiento de biomasa (kg/ha).

| Trat. | Variedad   | BI     | BII    | BIII   | BIV    | BV     | BVI    | $\Sigma_x$ | X        |
|-------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|----------|
| T1    | CENTA S-2  | 126250 | 121250 | 122500 | 132500 | 117500 | 121250 | 741250     | 123541.7 |
| T2    | CENTA S-3  | 108750 | 141250 | 108750 | 115000 | 95000  | 108750 | 677500     | 112916.7 |
| T3    | RCV        | 95000  | 90625  | 88125  | 92500  | 99375  | 108750 | 574375     | 95729.17 |
|       |            |        |        |        |        |        |        |            |          |
|       | $\Sigma_x$ | 330000 | 353125 | 319375 | 340000 | 311875 | 338750 | 1993125    |          |
|       | X          | 110000 | 117708 | 106458 | 113333 | 103958 | 112917 |            | 110729.2 |

CUADRO A-36. ANVA general para el Rendimiento de Biomasa (kg/ha).

| F de V      | GI | SC         | CM         | FC        | Ft.  |      |
|-------------|----|------------|------------|-----------|------|------|
|             |    |            |            |           | 5%   | 1%   |
| Tratamiento | 2  | 2363671875 | 1181835938 | 9.69 **   | 4.10 | 7.56 |
| Bloques     | 5  | 374674479  | 74934895.8 | 0.61 n/s. | 3.33 | 5.64 |
| Error       | 10 | 1218880208 | 121888021  |           |      |      |
| Total       | 17 |            |            |           |      |      |

CUADRO A-37. Prueba de tukey para el rendimiento de biomasa (kg/ha).

|              | T3        | T2        | T1        |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
|              | 95 729.17 | 112 916.7 | 123 541.7 |
| T3 95 729.17 | 0         | 0         | 0         |
| T2 112 916.7 | 2.70      | 0         | 0         |
| T1 123 541.7 | 4.36 **   | 1.67      | 0         |

Valor crítico de comparación de diferencias:

|        |         |
|--------|---------|
| T 0.05 | 2.74 *  |
| T 0.01 | 3.73 ** |

CUADRO A-38. Porcentaje promedio de humedad parcial (%).

| Trat. | Variedad   | BI      | BII     | BIII    | BIV     | BV      | BVI     | $\Sigma_x$ | X      |
|-------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|--------|
| T1    | CENTA S-2  | 75.620  | 75.370  | 74.950  | 74.870  | 74.550  | 75.330  | 450.690    | 75.115 |
| T2    | CENTA S-3  | 76.210  | 72.880  | 73.860  | 74.600  | 72.210  | 73.070  | 442.830    | 73.805 |
| T3    | RCV        | 73.490  | 77.910  | 78.380  | 79.040  | 77.760  | 77.320  | 463.900    | 77.316 |
|       |            |         |         |         |         |         |         |            |        |
|       | $\Sigma_x$ | 225.320 | 226.160 | 227.200 | 228.500 | 224.500 | 225.700 | 1357.400   |        |
|       | X          | 75.107  | 75.386  | 75.730  | 76.170  | 74.840  | 75.240  |            | 75.412 |

CUADRO A-39. ANVA general para humedad parcial (%).

| F de V      | GI | SC         | CM         | FC        | Ft.  |      |
|-------------|----|------------|------------|-----------|------|------|
|             |    |            |            |           | 5%   | 1%   |
| Tratamiento | 2  | 37.7904778 | 18.8952389 | 6.99 *    | 4.10 | 7.56 |
| Bloques     | 5  | 3.37897778 | 0.67579556 | 0.25 n/s. | 3.33 | 5.64 |
| Error       | 10 | 27.0452556 | 2.70452556 |           |      |      |
| Total       | 17 |            |            |           |      |      |

CUADRO A-40. Prueba de tukey para humedad parcial (%).

|           | T2     | T1     | T3     |
|-----------|--------|--------|--------|
|           | 73.805 | 75.115 | 77.316 |
| T2 73.805 | 0      | 0      | 0      |
| T1 75.115 | 1.38   | 0      | 0      |
| T3 77.316 | 3.70 * | 2.32   | 0      |

Valor crítico de comparación de diferencias:

|        |         |
|--------|---------|
| T 0.05 | 2.74 *  |
| T 0.01 | 3.73 ** |

CUADRO A-41. Porcentaje promedio de humedad total (%).

| Tratamiento | Variedad   | BI     | BII    | BIII   | BIV    | BV     | BVI    | $\Sigma_x$ | X     |
|-------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|-------|
| T1          | CENTA S-2  | 4.080  | 3.730  | 4.690  | 4.560  | 4.480  | 4.900  | 26.440     | 4.406 |
| T2          | CENTA S-3  | 4.220  | 4.660  | 4.740  | 4.310  | 4.190  | 4.900  | 27.020     | 4.503 |
| T3          | RCV        | 5.580  | 5.020  | 4.310  | 5.040  | 5.090  | 5.060  | 30.100     | 5.016 |
|             |            |        |        |        |        |        |        |            |       |
|             | $\Sigma_x$ | 13.880 | 13.410 | 13.740 | 13.910 | 13.760 | 14.860 | 83.560     |       |
|             | X          | 4.627  | 4.470  | 4.580  | 4.636  | 4.587  | 4.953  |            | 4.642 |

CUADRO A-42. ANVA general para la variable humedad total (%).

| F de V      | Gl | SC          | CM         | FC        | Ft.  |      |
|-------------|----|-------------|------------|-----------|------|------|
|             |    |             |            |           | 5%   | 1%   |
| Tratamiento | 2  | 1.289911111 | 0.64495556 | 3.59 n/s. | 4.10 | 7.56 |
| Bloques     | 5  | 0.40104444  | 0.08020889 | 0.45 n/s. | 3.33 | 5.64 |
| Error       | 10 | 1.79435556  | 0.17943556 |           |      |      |
| Total       | 17 |             |            |           |      |      |

CUADRO A-43. Porcentaje promedio de cenizas (%).

| Tratamiento | Variedad   | BI     | BII    | BIII   | BIV    | BV     | BVI    | $\Sigma_x$ | X     |
|-------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|-------|
| T1          | CENTA S-2  | 7.380  | 9.50   | 9.040  | 7.960  | 7.440  | 8.820  | 50.140     | 8.356 |
| T2          | CENTA S-3  | 6.560  | 6.180  | 7.010  | 6.660  | 6.490  | 6.760  | 39.660     | 6.610 |
| T3          | RCV        | 8.600  | 8.460  | 9.340  | 9.630  | 8.750  | 9.480  | 54.260     | 9.043 |
|             |            |        |        |        |        |        |        |            |       |
|             | $\Sigma_x$ | 22.540 | 24.140 | 25.390 | 24.250 | 22.680 | 25.060 | 144.060    |       |
|             | X          | 7.513  | 8.046  | 8.463  | 8.083  | 7.560  | 8.353  |            | 8.003 |

CUADRO A-44. ANVA general para la variable cenizas (%).

| F de V      | Gl | SC         | CM         | FC        | Ft.  |      |
|-------------|----|------------|------------|-----------|------|------|
|             |    |            |            |           | 5%   | 1%   |
| Tratamiento | 2  | 18.8869333 | 9.44346665 | 29.18 **  | 4.10 | 7.56 |
| Bloques     | 5  | 2.33706667 | 0.46741333 | 1.44 n/s. | 3.33 | 5.64 |
| Error       | 10 | 3.2358     | 0.32358    |           |      |      |
| Total       | 17 |            |            |           |      |      |

CUADRO A-45. Prueba de tukey para la variable cenizas (%).

|          | T2      | T1    | T3    |
|----------|---------|-------|-------|
|          | 6.610   | 8.356 | 9.043 |
| T2 6.610 | 0       | 0     | 0     |
| T1 8.356 | 5.32 ** | 0     | 0     |
| T3 9.043 | 7.41 ** | 2.09  | 0     |

Valor crítico de comparación de diferencias:

|        |         |
|--------|---------|
| T 0.05 | 2.74 *  |
| T 0.01 | 3.73 ** |

CUADRO A-46. Porcentaje promedio de proteína cruda (%).

| Tratamiento | Variedad   | BI     | BII    | BIII   | BIV    | BV     | BVI    | $\Sigma_x$ | X      |
|-------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|--------|
| T1          | CENTA S-2  | 6.890  | 8.890  | 10.200 | 8.280  | 7.860  | 9.360  | 51.480     | 8.580  |
| T2          | CENTA S-3  | 9.670  | 11.820 | 10.190 | 9.400  | 10.670 | 10.420 | 62.170     | 10.361 |
| T3          | RCV        | 10.380 | 9.560  | 12.710 | 15.700 | 13.880 | 12.370 | 74.600     | 12.433 |
|             |            |        |        |        |        |        |        |            |        |
|             | $\Sigma_x$ | 26.940 | 30.270 | 33.100 | 33.380 | 32.410 | 32.150 | 188.250    |        |
|             | X          | 8.980  | 10.090 | 11.030 | 11.130 | 10.803 | 10.720 |            | 10.458 |

CUADRO A-47. ANVA general para la variable proteína cruda (%).

| F de V      | Gl | SC         | CM         | FC        | Ft.  |      |
|-------------|----|------------|------------|-----------|------|------|
|             |    |            |            |           | 5%   | 1%   |
| Tratamiento | 2  | 44.6286333 | 22.3143167 | 8.61 **   | 4.10 | 7.56 |
| Bloques     | 5  | 9.85258333 | 1.97051667 | 0.76 n/s. | 3.33 | 5.64 |
| Error       | 10 | 25.9154333 | 2.59154333 |           |      |      |
| Total       | 17 |            |            |           |      |      |

CUADRO A-48. Prueba de tukey para la variable proteína cruda (%).

|           | T1      | T2     | T3     |
|-----------|---------|--------|--------|
|           | 8.580   | 10.361 | 12.433 |
| T1 8.580  | 0       | 0      | 0      |
| T2 10.361 | 1.92    | 0      | 0      |
| T3 12.433 | 4.15 ** | 2.23   | 0      |

Valor crítico de comparación de diferencias:

|        |         |
|--------|---------|
| T 0.05 | 2.74 *  |
| T 0.01 | 3.73 ** |

CUADRO A-49. Porcentaje promedio de extracto etéreo (%).

| Tratamiento | Variedad   | BI    | BII   | BIII  | BIV   | BV    | BVI   | $\Sigma_x$ | X     |
|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| T1          | CENTA S-2  | 1.320 | 1.640 | 1.550 | 2.340 | 2.920 | 2.540 | 12.310     | 2.051 |
| T2          | CENTA S-3  | 2.180 | 2.440 | 2.140 | 2.090 | 2.210 | 2.310 | 13.370     | 2.228 |
| T3          | RCV        | 1.930 | 1.960 | 2.260 | 2.550 | 2.180 | 2.360 | 13.240     | 2.206 |
|             |            |       |       |       |       |       |       |            |       |
|             | $\Sigma_x$ | 5.430 | 6.040 | 5.950 | 6.980 | 7.310 | 7.210 | 38.920     |       |
|             | X          | 1.810 | 2.013 | 1.983 | 2.327 | 2.437 | 2.403 |            | 2.162 |

CUADRO A-50. ANVA general para la variable extracto etéreo (%).

| F de V      | GI | SC         | CM         | FC        | Ft.  |      |
|-------------|----|------------|------------|-----------|------|------|
|             |    |            |            |           | 5%   | 1%   |
| Tratamiento | 2  | 0.11141111 | 0.05570556 | 0.40 n/s. | 4.10 | 7.56 |
| Bloques     | 5  | 1.01617778 | 0.20323556 | 1.47 n/s. | 3.33 | 5.64 |
| Error       | 10 | 1.37932222 | 0.13793222 |           |      |      |
| Total       | 17 |            |            |           |      |      |

CUADRO A-51. Porcentaje promedio de fibra cruda (%).

| Trat. | Variedad   | BI     | BII    | BIII   | BIV    | BV     | BVI    | $\Sigma_x$ | X      |
|-------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|--------|
| T1    | CENTA S-2  | 25.300 | 19.710 | 20.870 | 23.860 | 15.760 | 24.250 | 129.750    | 21.625 |
| T2    | CENTA S-3  | 22.290 | 22.230 | 24.470 | 23.180 | 21.040 | 21.420 | 134.630    | 22.438 |
| T3    | RCV        | 23.590 | 24.190 | 23.360 | 23.660 | 23.160 | 23.750 | 141.710    | 23.618 |
|       |            |        |        |        |        |        |        |            |        |
|       | $\Sigma_x$ | 71.180 | 66.130 | 68.700 | 70.700 | 59.960 | 69.420 | 406.090    |        |
|       | X          | 23.730 | 22.043 | 22.900 | 23.570 | 19.990 | 23.140 |            | 22.560 |

CUADRO A-52. ANVA general para la variable fibra cruda (%).

| F de V      | GI | SC         | CM         | FC        | Ft.  |      |
|-------------|----|------------|------------|-----------|------|------|
|             |    |            |            |           | 5%   | 1%   |
| Tratamiento | 2  | 12.0545778 | 6.0272889  | 1.39 n/s. | 4.10 | 7.56 |
| Bloques     | 5  | 29.1464278 | 5.82928556 | 1.34 n/s. | 3.33 | 5.64 |
| Error       | 10 | 43.2394889 | 4.32394889 |           |      |      |
| Total       | 17 |            |            |           |      |      |
|             |    |            |            |           |      |      |

CUADRO A-53. Porcentaje promedio de carbohidratos (%).

| Trat. | Variedad   | BI      | BII     | BIII    | BIV     | BV      | BVI     | $\Sigma_x$ | X      |
|-------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|--------|
| T1    | CENTA S-2  | 59.110  | 60.260  | 58.340  | 57.560  | 66.020  | 55.030  | 356.320    | 59.387 |
| T2    | CENTA S-3  | 59.300  | 57.330  | 56.190  | 58.670  | 59.590  | 59.090  | 350.170    | 58.362 |
| T3    | RCV        | 55.500  | 55.830  | 52.330  | 48.460  | 52.030  | 52.040  | 316.190    | 52.698 |
|       |            |         |         |         |         |         |         |            |        |
|       | $\Sigma_x$ | 173.900 | 173.420 | 166.900 | 164.700 | 177.600 | 166.200 | 1022.680   |        |
|       | X          | 57.970  | 57.806  | 55.620  | 54.900  | 59.210  | 55.390  |            | 56.815 |

CUADRO A-54. ANVA general para la variable carbohidratos (%).

| F de V      | GI | SC         | CM         | FC        | Ft.  |      |
|-------------|----|------------|------------|-----------|------|------|
|             |    |            |            |           | 5%   | 1%   |
| Tratamiento | 2  | 155.715544 | 77.857772  | 11.44 **  | 4.10 | 7.56 |
| Bloques     | 5  | 45.6527778 | 9.13055556 | 1.34 n/s. | 3.33 | 5.64 |
| Error       | 10 | 68.0315222 | 6.80315222 |           |      |      |
| Total       | 17 |            |            |           |      |      |
|             |    |            |            |           |      |      |

CUADRO A-55. Prueba de tukey para la variable carbohidratos (%).

|           | T3      | T2     | T1     |
|-----------|---------|--------|--------|
|           | 52.698  | 58.362 | 59.387 |
| T3 52.698 | 0       | 0      | 0      |
| T2 58.362 | 3.76 ** | 0      | 0      |
| T1 59.387 | 4.44 ** | 0.68   | 0      |

Valor crítico de comparación de diferencias:

|        |         |
|--------|---------|
| T 0.05 | 2.74 *  |
| T 0.01 | 3.73 ** |

Fig. A-1. Distribución de los tratamientos y dimensiones del área experimental.

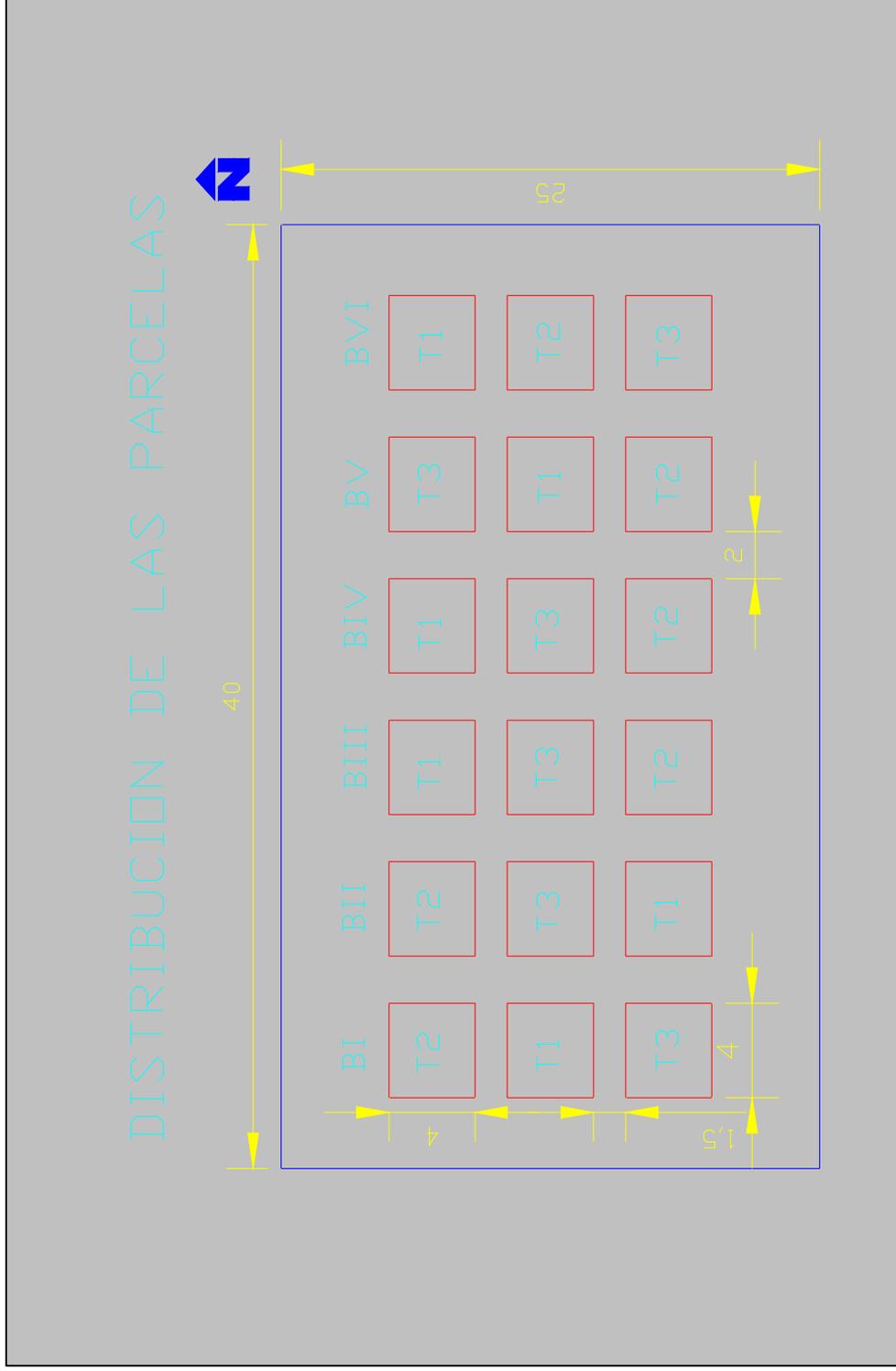
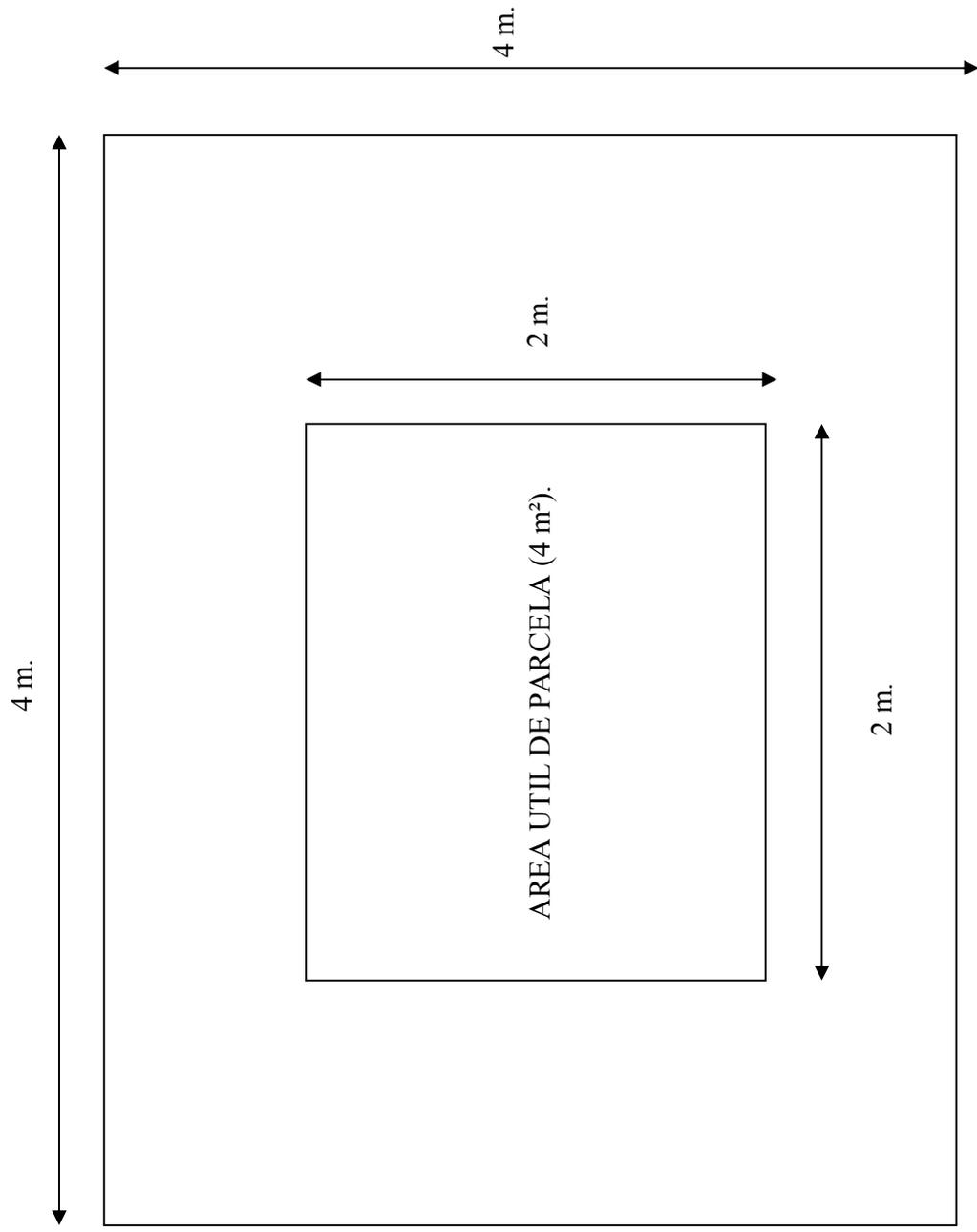


Fig. A-2. Dimensiones del área útil.



CUADRO A-56. Resultados de análisis de suelo.



**PRO CAFE**  
FUNDACIÓN SALVADOREÑA  
PARA INVESTIGACIONES  
S. DE L. C. A. F. E.

**LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS**  
SECCIÓN SUELOS



**ISA**  
Laboratorio de  
Servicios analíticos  
PRO CAFE

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**

N° Informe : 73  
 Finca : 12426 ESTUDIO EN UES  
 Cantón : EL JOYE  
 Municipio : SAN MIGUEL  
 Departamento: SAN MIGUEL  
 Propietario : MARVIN GUSTAVO AVILES LARA  
 Dirección : 3a. A.V. SUR BARRIO LA CRUZ EL TRIUNFO

Pág. 1 / 1

FECHAS:  
 Recepción : 03/02/2006  
 Análisis : 08/02/2006  
 Emisión : 08/02/2006

| Nombre del Tablón | Prof. (cm.) | Sitio Muest. | N° Correl. | Text. Tacto | pH  | p p m ) |     |      | ( m e q / 1 0 0 g c c ) |     |     | M.O. |
|-------------------|-------------|--------------|------------|-------------|-----|---------|-----|------|-------------------------|-----|-----|------|
|                   |             |              |            |             |     | P       | K   | Ca   | Mg                      | Al  | AcT |      |
| SIN NOMBRE        | 0-20        | Banda        | 228        | C.A.        | 6.1 | 29.6    | 174 | 13.5 | 9.15                    | 0.0 | 1.0 | 2.77 |

Cóordinador Laboratorio Servicios Analíticos

**NOTA ACLARATORIA:** El resultado del análisis corresponde a la muestra enviada por usted(es) a este Laboratorio. El muestreo es responsabilidad del usuario. La metodología utilizada es exclusiva para fines agrícolas. El Laboratorio no autoriza la reproducción parcial sin la debida autorización por escrito.

VER METODOLOGÍA DE ANÁLISIS AL REVERSO

Final 1ª Avenida Norte, Nueva San Salvador - PBX 288-3088 - FAX 228-0669 - Apartado Postal N° 23  
 El Salvador, Centro América  
<http://www.agroinfo.org/pagegen/agroinfo/elsal/procafe> e-mail: ServiciosAnaliticos@procafe@es.com.sv

CUADRO A-57. Metodología de análisis de suelos.

| METODOLOGIA DE ANALISIS DE SUELOS  |                                     |  |
|------------------------------------|-------------------------------------|--|
| ANÁLISIS                           | EXTRACCIÓN                          | DETERMINACIÓN                            |
| pH                                 | Solución de CaCl <sub>2</sub> 0.01M | Potenciométrica                          |
| Fósforo (P)                        | Carolina del Norte (Mehlich I)      | Colorimétrica Azul de Molibdeno          |
| Potasio (K)                        | Carolina del Norte (Mehlich I)      | Fotométrica                              |
| Calcio (Ca)                        | Solución KCl 1N                     | Espectrofotométrica de Absorción Atómica |
| Magnesio (Mg)                      | Solución KCl 1N                     | Espectrofotométrica de Absorción Atómica |
| Aluminio (Al)                      | Solución KCl 1N                     | Titrímetrica                             |
| Actívidad Total (AcT)              | SMP Método indirecto                | Potenciométrica                          |
| Materia Orgánica Humificada (M.O.) | Solución NaOH, EDTA, Metanol        | Espectrofotométrica                      |

| CLASIFICACION TEXTURAL DEL SUELO |                             |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| TEXTURA AL TACTO                 |                             |                             |
| E - Franco                       | FA - Franco Arenoso         | CA - Arcillo Arenoso        |
| A - Arena                        | FC - Franco Arcilloso       | CL - Arcillo Limoso         |
| L - Limo                         | AF - Arena Francoso         | FL - Franco Limoso          |
| C - Arcilla                      | CA - Franco Arcillo Arenoso | CLL - Franco Arcillo Limoso |

CUADRO A-58. Costo de producción por ha. de CENTA S-2 (T1).

| CONCEPTO                           | CANTIDAD   | COSTO UNITARIO (\$) | COSTO TOTAL (\$)  |
|------------------------------------|------------|---------------------|-------------------|
| <b>I- Preparación del terreno.</b> |            |                     |                   |
| - Sub-suelo                        | 1          | \$64.28             | \$64.28           |
| - Arado                            | 1          | \$57.14             | \$57.14           |
| - Rastreado                        | 2          | \$35.71             | \$71.42           |
| - Surquiado                        | 1          | \$21.43/bueyes      | \$21.43           |
| <b>Sub-total</b>                   |            |                     | <b>\$214.27</b>   |
| <b>II- Insumos.</b>                |            |                     |                   |
| - Semilla                          | 16 kg.     | \$1.54              | \$24.64           |
| - Gaucho 70 WP                     | 3 s/48 gr. | \$16                | \$48              |
| - Rienda                           | 0.5 litros | \$18.62/Lt.         | \$9.31            |
| - 16-16-0                          | 500 kg.    | \$32/91 kg.         | \$175.82          |
| - SO <sub>4</sub> NH <sub>4</sub>  | 452.3 kg.  | \$21/91 kg.         | \$104.38          |
| <b>Sub-total</b>                   |            |                     | <b>\$362.15</b>   |
| <b>III- Mano de obra.</b>          |            |                     |                   |
| - Siembra                          | 3          | \$4                 | \$12              |
| - Deshije                          | 8          | \$4                 | \$32              |
| - Aporco                           | 2          | \$21.43             | \$42.86           |
| - Riego (15)                       | 1          | \$4                 | \$60              |
| - Diesel                           | 45 gal.    | \$3                 | \$135             |
| - Aplicación de prod. Químicos (2) | 1          | \$4                 | \$8               |
| - Fertilización (3)                | 1          | \$4                 | \$12              |
| - Cosecha/cortado Jalado y picado  | 30         | \$4                 | \$120             |
| - Alquiler de picadora             | 7 horas    | \$20/hr.            | \$140             |
| <b>Sub-total</b>                   |            |                     | <b>\$561.86</b>   |
| Imprevistos (3%)                   |            |                     | \$34.15           |
| <b>TOTAL</b>                       |            |                     | <b>\$1 172.43</b> |

CUADRO A-59. Costo de producción por ha. de CENTA S-3 (T2).

| CONCEPTO                              | CANTIDAD   | COSTO UNITARIO (\$) | COSTO TOTAL (\$)  |
|---------------------------------------|------------|---------------------|-------------------|
| I- Preparación del terreno.           |            |                     | <b>\$214.27</b>   |
| II- Insumos.                          |            |                     |                   |
| - Semilla                             | 19 kg.     | \$1.54              | \$29.26           |
| - Gaucho 70 WP                        | 4 s/48 gr. | \$16                | \$64              |
| - Rienda                              | 0.5 litros | \$18.62/Lt.         | \$9.31            |
| - 16-16-0                             | 500 kg.    | \$32/91 kg.         | \$175.82          |
| - SO <sub>4</sub> NH <sub>4</sub>     | 452.3 kg.  | \$21/91 kg.         | \$104.38          |
| <b>Sub-total</b>                      |            |                     | <b>\$382.77</b>   |
| III- Mano de obra.                    |            |                     |                   |
| - Siembra                             | 3          | \$4                 | \$12              |
| - Deshije                             | 8          | \$4                 | \$32              |
| - Aporco                              | 2          | \$21.43             | \$42.86           |
| - Riego (15)                          | 1          | \$4                 | \$60              |
| - Diesel                              | 45 gal.    | \$3                 | \$135             |
| - Aplicación de<br>prod. Químicos (2) | 1          | \$4                 | \$8               |
| - Fertilización (3)                   | 1          | \$4                 | \$12              |
| - Cosecha/cortado<br>Jalado y picado  | 28         | \$4                 | \$112             |
| - Alquiler de picadora                | 5.5 horas  | \$20/hr.            | \$110             |
| <b>Sub-total</b>                      |            |                     | <b>\$523.86</b>   |
| Imprevistos (3%)                      |            |                     | \$33.63           |
| <b>TOTAL</b>                          |            |                     | <b>\$1 154.53</b> |

CUADRO A-60. Costo de producción por ha. de RCV (T3).

| CONCEPTO                           | CANTIDAD | COSTO UNITARIO (\$) | COSTO TOTAL (\$)  |
|------------------------------------|----------|---------------------|-------------------|
| I- Preparación del terreno.        |          |                     | <b>\$214.27</b>   |
| II- Insumos.                       |          |                     | <b>\$362.15</b>   |
| III- Mano de obra.                 |          |                     |                   |
| - Siembra                          | 3        | \$4                 | \$12              |
| - Deshije                          | 8        | \$4                 | \$32              |
| - Aporco                           | 2        | \$21.43             | \$42.86           |
| - Riego (15)                       | 1        | \$4                 | \$60              |
| - Diesel                           | 45 gal.  | \$3                 | \$135             |
| - Aplicación de prod. Químicos (2) | 1        | \$4                 | \$8               |
| - Fertilización (3)                | 1        | \$4                 | \$12              |
| - Cosecha/cortado                  |          |                     |                   |
| Jalado y picado                    | 23       | \$4                 | \$92              |
| - Alquiler de picadora             | 5 horas  | \$20/hr.            | \$100             |
| <b>Sub-total</b>                   |          |                     | <b>\$493.86</b>   |
| Imprevistos (3%)                   |          |                     | \$32.11           |
| <b>TOTAL</b>                       |          |                     | <b>\$1 102.39</b> |

CUADRO A-61. Producción de materia seca, (porcentaje), (kg/ha), proteína cruda en kg/ha y carbohidratos en kg/ha.

| 1/<br>Trat. | Humeda<br>d parcial<br>(%) | Materia<br>seca<br>(%) | Materia<br>verde<br>(Kg/ha) | Materia<br>seca<br>(kg/ha) | Proteína<br>cruda<br>(%) | Carbohi-<br>dratos<br>(%) | Proteína<br>cruda<br>(kg/ha) | Carbohi-<br>dratos<br>(kg/ha) |
|-------------|----------------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| T1          | 75.115 <b>b</b>            | 24.880                 | 123 541.7                   | 30 737.17                  | 8.580 <b>b</b>           | 59.387 <b>a</b>           | 2 637.25                     | 18 253.88                     |
| T2          | 73.805 <b>b</b>            | 26.190                 | 112 916.7                   | 29 572.88                  | 10.361 <b>b</b>          | 58.362 <b>a</b>           | 3 064.05                     | 17 259.32                     |
| T3          | 77.316 <b>a</b>            | 22.680                 | 95 729.17                   | 21 711.37                  | 12.433 <b>a</b>          | 52.698 <b>b</b>           | 2 699.37                     | 11 441.46                     |

1/ T1= CENTA S-2

T2= CENTA S-3

T3= RCV

CUADRO A-62. Opinión de René Clará Valencia sobre los resultados de tesis.

De: **Rene Clara** (reneclara@yahoo.com)

Enviados: martes, 15 de mayo de 2007 08:14:11 p.m.

Para: **Marvin Gustavo Avilés Lara** (marvingustavo13@hotmail.com)

Estimados Srs. Marvin Gustavo Avilés L. y Oscar Osmin Guevara Berrios,  
He revisado sus datos de tesis y puedo hacerle los siguientes comentarios:

- Sobre los datos de diámetro del tallo, me parecen adecuados a la alta densidad de población manejada (120,000 plantas por manzana) que normalmente se utiliza para la producción de forraje. Estos deberían estar más altos si la siembra hubiera sido para la producción de grano.

Aunque el sorgo RCV debería tener genéticamente más grueso el tallo por ser de planta baja y vigorosa, esta característica es también afectada por el medio ambiente.

- La altura de planta esta adecuada al genotipo de cada variedad, siendo mas alta en CENTA S-2, le sigue el S-3 y la mas baja es el RCV. El CENTA S-2 ha de haber tenido mayor acame de planta por su altura y poco vigor del tallo. Este es el problema de esta variedad.

- El rendimiento de biomasa de todas las variedades esta alto. Generalmente se utiliza el rendimiento en materia seca, lo cual puede o es mas adecuado para indicar efectivamente el valor del forraje de cada variedad.

Convertidos estos datos a manzana, que es lo que se usa en el país, estamos hablando de un rendimiento de 86.48 tm/mz en CENTA-2, 79.04 tm/mz en CENTA S-3 y 67.01 tm/mz en RCV. Estos rendimientos altos no quieren decir que la información no es confiable; quiere decir que las variedades mostraron todo su potencial bajo el ambiente favorable de manejo que tuvieron. Yo he visto datos más altos que estos, con PROLECHE. Algunos socios de esta gremial obtienen 80 y 90 tm/mz del sorgo RCV; por lo tanto estas variedades si tienen el potencial como para producir lo que estos datos dicen. Pienso que haber hecho tres aplicaciones de fertilizante y la buena fertilidad del terreno, han sido los factores mas importantes en el incremento del rendimiento, pues normalmente se utilizan dos fertilizaciones (siembra y al aporco).

- Sobre el valor nutritivo, Mucho depende del manejo y fertilización del cultivo. Pero los datos de proteína, que es muy importante en el forraje, están de acuerdo a los que les corresponde al genotipo de cada variedad; lo mismo con el resto de datos.

También quiero decirles que el valor nutritivo que se muestran en el cuadro respectivo, están muy buenos, siendo la variedad RCV con mayor valor en proteína cruda y el CENTA S-2 con el menor valor. Esto, también corresponde

al genotipo de cada variedad. Estos valores también corresponden a la buena fertilización utilizada en el cultivo y a la buena fertilidad del terreno.

En términos generales puedo decirles que ese ensayo ha sido bien manejado, han evitado la alta interacción del medio ambiente y han dejado que los genotipos expresen su potencial verdadero.

Lo único que finalmente puedo recomendarles que hubiera sido mejor manejar unos tres ensayos más en diferentes ambientes para tener mejores conclusiones a nivel de país; pero la información obtenida es correcta y válida para el ambiente con que se manejó.

Saludos,

René Clará V.  
Coordinador Regional Local  
CENTA/INTSORMIL  
CENTA, Apto. Postal 885,  
San Salvador, El Salvador, C.A.  
Tel. (503) 2302 0239 - (503)7815 2238  
E-mail: [reneclara@yahoo.com](mailto:reneclara@yahoo.com)

CUADRO 26. Resultados de análisis bromatológico.

| N° de muestra | Características                        | % Humedad Parcial | % Humedad Total | % de Cenizas | % proteína Cruda | % Tracto Eféreo | % Fibra Cruda | % Carbohidratos |
|---------------|--|-------------------|-----------------|--------------|------------------|-----------------|---------------|-----------------|
| 32            | Sorgo VR. RCV. Bloque I Trat. 3        | 73.49             | 5.58            | 8.6          | 10.38            | 1.93            | 23.59         | 55.50           |
| 33            | Sorgo VR. RCV. Bloque II Trat. 3       | 77.91             | 5.02            | 8.46         | 9.56             | 1.96            | 24.19         | 55.83           |
| 34            | Sorgo VR. RCV. Bloque III Trat. 3      | 78.38             | 4.31            | 9.34         | 12.71            | 2.26            | 23.36         | 52.33           |
| 35            | Sorgo VR. RCV. Bloque IV Trat. 3       | 79.04             | 5.04            | 9.63         | 15.70            | 2.55            | 23.66         | 48.46           |
| 36            | Sorgo VR. RCV. Bloque V Trat. 3        | 77.76             | 5.09            | 8.75         | 13.88            | 2.18            | 23.16         | 52.03           |
| 37            | Sorgo VR. RCV. Bloque VI Trat. 3       | 77.32             | 5.06            | 9.48         | 12.37            | 2.36            | 23.75         | 52.04           |
| 38            | Sorgo VR. CENTA S-3 Bloque I Trat. 2   | 76.21             | 4.22            | 6.56         | 9.67             | 2.18            | 22.29         | 59.30           |
| 39            | Sorgo VR. CENTA S-3 Bloque II Trat. 2  | 72.88             | 4.66            | 6.18         | 11.82            | 2.44            | 22.23         | 57.33           |
| 40            | Sorgo VR. CENTA S-3 Bloque III Trat. 2 | 73.86             | 4.74            | 7.01         | 10.19            | 2.14            | 24.47         | 56.19           |
| 41            | Sorgo VR. CENTA S-3 Bloque IV Trat. 2  | 74.60             | 4.31            | 6.66         | 9.40             | 2.09            | 23.18         | 58.67           |
| 42            | Sorgo VR. CENTA S-3 Bloque V Trat. 2   | 72.21             | 4.19            | 6.49         | 10.67            | 2.21            | 21.04         | 59.59           |
| 43            | Sorgo VR. CENTA S-3 Bloque VI Trat. 2  | 73.07             | 4.90            | 6.76         | 10.42            | 2.31            | 21.42         | 59.09           |
| 44            | Sorgo VR. CENTA S-2 Bloque I Trat. 1   | 75.62             | 4.08            | 7.38         | 6.89             | 1.32            | 25.30         | 59.11           |
| 45            | Sorgo VR. CENTA S-2 Bloque II Trat. 1  | 75.37             | 3.73            | 9.5          | 8.89             | 1.64            | 19.71         | 60.26           |
| 46            | Sorgo VR. CENTA S-2 Bloque III Trat. 1 | 74.95             | 4.69            | 9.04         | 10.20            | 1.55            | 20.87         | 58.34           |
| 47            | Sorgo VR. CENTA S-2 Bloque IV Trat. 1  | 74.87             | 4.56            | 7.96         | 8.28             | 2.34            | 23.86         | 57.56           |
| 48            | Sorgo VR. CENTA S-2 Bloque V Trat. 1   | 74.55             | 4.48            | 7.44         | 7.86             | 2.92            | 15.76         | 66.02           |
| 49            | Sorgo VR. CENTA S-2 Bloque VI Trat. 1  | 75.33             | 4.90            | 8.82         | 9.36             | 2.54            | 24.25         | 55.03           |

Fig. A-3. Mapa de la facultad Multidisciplinaria Oriental.

