

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO**



**Distribución de la materia seca de maíz (*Zea mays* L.) a diferentes  
edades de la planta**

Por:

**ABRAHAM VENTURA RAMOS**

TESIS

**Presentada Como Requisito Parcial Para Obtener El Título De:**

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, mayo 2023.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO**

**Distribución de la materia seca de maíz (*Zea mays* L.) a diferentes  
edades de la planta**

POR:

**ABRAHAM VENTURA RAMOS**

TESIS

Que somete a la consideración del comité asesor como  
Requisito para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

La cual fue revisada y aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Josué Israel García López  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Pedro Pérez Rodríguez  
Coasesor



  
\_\_\_\_\_  
M.C. Sergio Sánchez Martínez  
Coordinador de la División de Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México, mayo de 2023.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO**

**Distribución de la materia seca de maíz (*Zea mays* L.) a diferentes  
edades de la planta**

POR:

**ABRAHAM VENTURA RAMOS**

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como  
Requisito para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

La cual fue revisada y aprobada por:



M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos  
Presidente



Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez  
Vocal



Dr. Josué Israel García López  
Vocal



Dr. Pedro Pérez Rodríguez  
Vocal Suplente



M.C. Sergio Sánchez Martínez  
Coordinador de la División de Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México, mayo de 2023.

## DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, abril 2023.

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado "**Distribución de la materia seca de maíz (*Zea mays L.*) a diferentes edades de la planta**" es una producción personal, donde no se ha copiado, replicado, utilizado ideas, citas integrales e ilustraciones diversas, obtenidas de cualquier tesis, obra intelectual, artículo, memoria, (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor.

En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consciente de que en caso de comprobarse plagio en el texto o no se respetaron los derechos de autor; esto será objeto de sanciones del Comité Editorial y/o legales a las que haya lugar; quedando, por tanto, anulado el presente documento académico sin derecho a la aprobación de este, ni a un nuevo envío.

ABRAHAM VENTURA RAMOS

---

Nombre



---

Firma

## RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es una gramínea que se utiliza como base en la alimentación para el ser humano desde hace mucho tiempo, sin embargo, gran parte de este grano también es ocupado en la alimentación del ganado, principalmente en los sistemas productores de leche. El objetivo de este estudio fue determinar la acumulación de materia seca total y de sus componentes morfológicos de maíz variedad AN-447 en función de la edad de cosecha, en el ciclo primavera- verano y con ello determinar un momento óptimo de corte. Se utilizó un diseño experimental de bloque completamente al azar, con cuatro repeticiones, con un análisis de varianzas con el procedimiento PROC GLM del SAS y una comparación de medias con la prueba Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Se estimó la acumulación de materia seca de los componentes morfológicos hoja, vaina, tallo, material muerto, inflorescencia y fruto y su aporte al rendimiento de materia seca total, tanto en rendimiento de materia seca ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ), como en porcentaje. Los momentos de evaluación fueron a los 80, 95, 110 y 125 días después de siembra (DDS), considerados como los tratamientos. Los resultados mostraron que a los 80 DDS se obtiene el más bajo rendimiento con  $13,248 \text{ kg MS ha}^{-1}$  y el más alto a los 125 DDS con un promedio de  $23,034 \text{ kg MS ha}^{-1}$ . Se observó que el componente tallo y el fruto fueron los que más aportaron a la producción de materia seca con un promedio de  $5,919$  y  $6,934 \text{ kg MS ha}^{-1}$  respectivamente, con un porcentaje de aportación de 33 y 34 %, respectivamente, seguido de hoja con  $2,421 \text{ kg MS ha}^{-1}$  (16 %), vaina con  $1,379 \text{ kg MS ha}^{-1}$  (8%), material muerto  $1,157 \text{ kg MS ha}^{-1}$  (6%) y finalmente la inflorescencia con  $485 \text{ kg MS ha}^{-1}$  (3%). En conclusión, el rendimiento junto con el componente fruto aumentaron con la edad de la planta, diferente a la lámina que descendió, mientras el resto de los componentes no tuvieron un comportamiento claro. Se considera que el corte óptimo se presenta a los 110 o 125 días después de la siembra, para grano o forraje, donde el material de maíz AN447, donde presenta las mejores características morfológicas, en el ciclo primavera-verano.

**Palabras clave:** *Zea mays*, comportamiento productivo, producción de forraje, Composición morfológica, punto óptimo de recolección.

## ABSTRAC

Maize (*Zea mays* L.) is a grass that has been used as a food base for humans for a long time, however, a large part of this grain is also used in livestock feed, mainly in production systems. milk. The objective of this study was to determine the accumulation of total dry matter and its morphological components of maize variety AN-447 as a function of harvest age, in the spring-summer cycle and thereby determine an optimal cutting time. A completely randomized block experimental design was used, with four repetitions, with an analysis of variance with the PROC GLM procedure of the SAS and a comparison of means with the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). The accumulation of dry matter of the morphological components leaf, sheath, stem, dead material, inflorescence and fruit and its contribution to the total dry matter yield, both in dry matter yield (kg DM ha<sup>-1</sup>), and in percentage were estimated. The evaluation moments were at 80, 95, 110 and 125 days after sowing (DDS), considered as the treatments. The results showed that at 80 DAS the lowest yield is obtained with 13,248 kg DM ha<sup>-1</sup> and the highest at 125 DAS with an average of 23,034 kg DM ha<sup>-1</sup>. It was observed that the stem and fruit components were the ones that contributed the most to dry matter production with an average of 5,919 and 6,934 kg DM ha<sup>-1</sup> respectively, with a contribution percentage of 33 and 34 %, respectively, followed by leaf. with 2,421 kg DM ha<sup>-1</sup> (16 %), pod with 1,379 kg DM ha<sup>-1</sup> (8%), dead material 1,157 kg DM ha<sup>-1</sup> (6%) and finally the inflorescence with 485 kg DM ha<sup>-1</sup> (3 %). In conclusion, the yield together with the fruit component increased with the age of the plant, different from the lamina which descended, while the rest of the components did not have a clear behavior. It is considered that the optimal cut occurs 110 or 125 days after sowing, for grain or forage, where the AN-447 maize material, where it presents the best morphological characteristics, in the spring-summer cycle.

**Keywords:** *Zea mays*, productive behavior, forage production, morphological composition, optimum collection point.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Por nunca soltarme de su mano a pesar que a veces le fallo, él nunca me ha dejado solo.

### **A mis padres**

Abraham Ventura Coutiño por apoyarme siempre a lo largo de mi carrera por sus consejos de padre.

Rosa del Carmen Ramos De Paz por siempre darme ánimos y darme consejos que siempre confió en mí.

### **A mis hermanos**

Azucena jazmín, Fany carolina, Carlos Mario, esmeralda, junior Josué, Josmar snaider. por siempre estar para mí, por los maravillosos momentos que hemos vivido en familia

### **A mi familia**

Por siempre apoyarme, y brindarme de su cariño y comprensión, por creer en mí, por sus honrados y buenos consejos.

### **A MI ESPOSA E HIJA**

Alejandra Delgado Molina, Wendy Alejandra Ventura Ramos  
Por siempre estar conmigo en las buenas y las malas.

## **A LOS SEÑORES**

Isabel Molina Cardiel, Manuel Delgado; Por sus consejos apoyo y cobijo.

### **A mi alma mater**

Por acobijarme en sus internados en especial el módulo 13 que fue mi casa durante la carrera, por su comedor, por vivir la experiencia de ser uno entre sus filas y darme las herramientas necesarias para poder realizar mi meta de ser profesionalista.

### **A mis asesores de tesis**

Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez, M. C. Fidel Maximiano Peña Ramos, Dr. Pedro Pérez Rodríguez y Dr. Josué Israel García López, por su colaboración en la culminación de este proyecto.

### **A todos mis profesores**

Que a lo largo de mi vida aportaron un granito de arena en mi formación académica, me motivaron a que continuara y luchara por mis sueños.

### **Al sr. Gustavo Gómez**

Por brindarme su mano para culminar la tesis y lograr titularme por cobijarme en su rancho.



# ÍNDICE GENERAL

|  |           |
|--|-----------|
| <b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>  | <b>14</b> |
| 1.1 OBJETIVOS .....  | 15        |
| 1.1.1 Objetivo general .....   | 15        |
| 1.1.2 Objetivos específicos.....   | 15        |
| 1.2 HIPÓTESIS .....  | 15        |
| <b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>                                  | <b>16</b> |
| 2.1 Generalidad del maíz .....   | 16        |
| 2.1.1 Origen.....  | 16        |
| 2.1.2 Importancia del cultivo del maíz .....                             | 17        |
| 2.2 Descripción del maíz .....   | 18        |
| 2.2.1 Clasificación taxonómica .....                                     | 18        |
| 2.2.2 Clasificación racial del Maíz .....                                | 19        |
| 2.2.3 Descripción botánica .....   | 20        |
| 2.2.4 Morfológica de la planta .....                                     | 20        |
| 2.3 Formas de utilización y calidad del forraje de maíz .....            | 21        |
| 2.4 Condiciones de adaptabilidad y producción del cultivo del maíz ..... | 23        |
| 2.4.1 Precipitaciones y requerimientos hídricos .....                    | 23        |
| 2.4.3 Suelos .....   | 24        |
| 2.4.5 Luminosidad .....  | 25        |
| 2.4.6 Fertilización .....  | 26        |
| 2.4.7 Plagas y enfermedades del cultivo de maíz .....                    | 27        |
| 2.5 Como elegir un forraje .....   | 28        |
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>                                    | <b>30</b> |
| 3.1 Sitio experimental .....   | 30        |
| 3.2 Diseño experimental y tratamientos .....                             | 31        |
| 3.3 Variables evaluadas .....  | 31        |
| 3.3.1 Rendimiento de forraje .....                                       | 31        |
| 3.3.2 Composición morfológica (CM) .....                                 | 31        |
| 3.4 Análisis estadísticos .....  | 32        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>                        | <b>33</b> |
| 4.1 Rendimiento de forraje .....                               | 33        |
| 4.1.2 Rendimiento de materia seca total .....                  | 33        |
| 4.2 Componentes del rendimiento.....                           | 34        |
| 4.2.1 Aportación de lámina al rendimiento total.....           | 34        |
| 4.2.2 Aportación de vaina al rendimiento total.....            | 35        |
| 4.2.3 Aportación de tallo al rendimiento total.....            | 37        |
| 4.2.4 Aportación de material muerto al rendimiento total ..... | 38        |
| 4.2.5 Aportación de inflorescencia al rendimiento total .....  | 39        |
| 4.2.6 Aportación de fruto al rendimiento total .....           | 41        |
| <b>V.CONCLUSIONES .....</b>                                    | <b>43</b> |
| <b>VI. LITERATURA CITADA.....</b>                              | <b>44</b> |
| <b>VII. ANEXOS.....</b>  | <b>50</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Medias quincenales de la temperatura máxima (Tem. máx, °C), mínima (Tem. min °C) y precipitación acumulada (PP, mm) durante el periodo de estudio del 16 de mayo al 16 de septiembre del 2020, en maíz cultivar AN-447, en Saltillo, Coahuila, México.....30
- Figura 2.** Rendimiento de materia seca total (kg MS ha<sup>-1</sup>) del híbrido AN-447 de maíz (*Zea mays* L.) cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Medias letras minúsculas sobre las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey;  $p \geq 0.05$ ). .....34
- Figura 3.** Rendimiento de lámina (kg MS ha<sup>-1</sup>) y porcentaje de aportación al rendimiento total de materia seca (RTMS) del híbrido AN-447 de maíz (*Zea mays* L.) cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Medias letras minúsculas sobre las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey;  $p \geq 0.05$ ). .....35
- Figura 4.** Rendimiento de vaina (kg MS ha<sup>-1</sup>) y porcentaje de aportación al rendimiento total de materia seca (RTMS) del híbrido AN-447 de maíz (*Zea mays* L.) cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Medias letras minúsculas sobre las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey;  $p \geq 0.05$ ). .....36
- Figura 5.** Rendimiento de tallo (kg MS ha<sup>-1</sup>) y porcentaje de aportación al rendimiento total de materia seca (RTMS) del híbrido AN-447 de maíz (*Zea mays* L.) cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Medias letras minúsculas sobre las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey;  $p \geq 0.05$ ). .....37
- Figura 6.** Rendimiento de material muerto (kg MS ha<sup>-1</sup>) y porcentaje de aportación al rendimiento total de materia seca (RTMS) del híbrido AN-447 de maíz (*Zea mays* L.) cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila,

|  |    |
|--|----|
| México. Medias letras minúsculas sobre las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey; $p \geq 0.05$ ). .....   | 39 |
| <b>Figura 7.</b> Rendimiento de inflorescencia (kg MS ha <sup>-1</sup> ) y porcentaje de aportación al rendimiento total de materia seca (RTMS) del híbrido AN-447 de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Medias letras minúsculas sobre las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey; $p \geq 0.05$ ). ..... | 40 |
| <b>Figura 8.</b> Rendimiento de fruto (kg MS ha <sup>-1</sup> ) y porcentaje de aportación al rendimiento total de materia seca (RTMS) del híbrido AN-447 de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Medias letras minúsculas sobre las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey; $p \geq 0.05$ ). .....          | 42 |

## ÍNDICE DE CUADROS DE ANEXOS

- Cuadro 1.** Rendimiento total y por componente morfológico (kg MS ha<sup>-1</sup>) del híbrido AN-447 de maíz (*Zea mays* L.) cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. ....50
- Cuadro 2.** Aportación de los componentes morfológicos (%) al rendimiento total del híbrido AN-447 de maíz (*Zea mays* L.) cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.....51

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz, tiene una gran relevancia, alimentaria, económica y social, ya que se utiliza en alimentación tanto humana como animal, en la industria, procesados, en fresco, seco, de esta forma generando empleos y convirtiéndose en el cultivo de mayor importancia en México (SAGARPA, 2011). Se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas. La evidencia más antigua que se tiene de este cultivo como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos en México. Dentro de la importancia del cultivo, el maíz blanco representa el 87 % de la producción y se destina principalmente al consumo humano. Por otro lado, el maíz de color amarillo se destina a la industria de la fabricación de alimentos balanceados para la producción pecuaria (SAGARPA, 2017). Por tanto, la importancia de esta especie, no se limita únicamente a la producción para el consumo humano, sino que tiene una gran relevancia en producción destinada a la alimentación del sector pecuario, en forma de forraje (Peña *et al.*, 2004). Se estima que, en el 2019, la producción de maíz forrajero a nivel nacional fue de 15,569,846.80 toneladas, concentrándose la mayor superficie de siembra en el estado de Jalisco con más de 5,000,000 de toneladas. En segundo lugar, se encuentra Durango con más de 1,942,000 toneladas y en tercer lugar Zacatecas con más de 1,721,000 toneladas. Como alimento ganadero, el maíz se utiliza en varias etapas fenológicas de la planta, el ensilado es la práctica de conservación, obteniendo finalmente una fermentación, que aumenta los niveles nutricionales, por lo que el análisis de crecimiento de este cultivo a diferentes edades de la planta, cubre importancia. Debido a esto, la producción de forrajes en México, crece de forma exponencial, tanto en pequeños, como en grandes productores para tener a disposición el alimento necesario para la producción pecuaria (SADER, 2020). De igual forma, con la práctica de ensilado, además de aumentar el valor nutricional, nos permite almacenar el alimento, evitando pérdida de material vegetal para utilizarlo en tiempos de escases, resultando así en un beneficio económico (ICAMEX, 2018).

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo general**

- ❖ Determinar el comportamiento productivo de maíz (*Zea mays* L.) y distribución de la materia seca del híbrido AN-447 en función de la edad de la planta (Días Después de la Siembra), en el ciclo primavera- verano, 2021.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- ✓ Evaluar rendimiento de forraje, en función a lo aportado por los componentes morfológicos; hoja, tallo, material muerto, inflorescencia y fruto del híbrido AN-447, cosechado a los 80, 95, 110 y 125 días después de siembra.
- ✓ Identificar el o los componentes morfológicos que más aportan al rendimiento de materia seca, en maíz híbrido AN-447, para producción de forraje.

## **1.2 HIPÓTESIS**

- ✓ La aportación de materia seca está estrechamente relacionada en relación al ciclo morfológico de la planta.
- ✓ El tallo y el fruto son los componentes morfológicos que más influye en la aportación de materia seca.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidad del maíz

#### 2.1.1 Origen

El origen geográfico de este cereal (*Zea mays* L.) aún es debatido, aunque se exponen evidencias que lo sitúan en México desde hace aproximadamente 5000 A. de C. Varios vestigios apuntan como centro primario de origen el sur de México y Centroamérica. Por otra parte, un origen secundario de diversidad genética proveniente de los valles altos de: Perú, Ecuador, Bolivia (Cazco, 2006). Descubrimientos arqueólogos de este cultivo afirman con toda probabilidad que el maíz se deriva de la teocinte con origen en Centroamérica, específicamente en el municipio de Coxcatlán estado de Puebla (México), es aquí donde se encontró la evidencia de unos 7,000 años de antigüedad. Evidentemente con el paso del tiempo se expandió hacia todo el continente americano, sin embargo, hay probabilidades de otros centros secundarios de origen en América (FAO, 1999). Como resultado, el maíz es una especie que presenta varios centros de diversificación; desde México hasta Sudamérica (Greenpeace, 2000). El maíz es una cultura muy antigua da unos 7000 años de antigüedad, de origen indio que se cultivaba por las zonas de México y América central. Hoy en día su cultivo está muy esparcido por todo el resto de países y en especial en toda Europa donde ocupa una posición muy elevada (INFOAGRO, 2007).

Aunado a lo anterior, la planta de maíz forrajero representa ventajas que resuelven su utilización en la alimentación animal algunas de ellas se mencionan a continuación:

- a) Se puede utilizar en diferentes formas, ya que el ganado lo puede consumir en verde, seco o ensilado.
- b) Se adapta en casi todos los climas de temporal que existen en la superficie de México.



c) Aporta buena calidad nutritiva como un ingrediente fijo en la ración para vacas lecheras.

d) Las técnicas para el establecimiento y labores de este cultivo son de gran facilidad, así como su utilización (FIRA 1986; Jaramillo, 1992).

### **2.1.2 Importancia del cultivo del maíz**

El maíz, es uno de los cereales de grano grande de mayor importancia, ya que es uno de las especies más cultivadas en el mundo; tiene muchos usos específicos, el más importante, resulta el de alimentación, tanto humana como animal, sin embargo, en la industria se utiliza para la elaboración de diferentes productos de uso diario, además de su gran popularidad, al ser parte de la alimentación diaria y base del día a día (González y Reyes, 2014). El maíz es un cultivo agrícola con gran importancia a nivel mundial y por lo tanto en México, debido a que forma parte de uno de los alimentos primarios en la humanidad, su uso industrial, político y social. Realizando un análisis, el maíz en relación con los demás cereales que se producen en México (trigo, sorgo, cebada, arroz y avena, principalmente), en cuanto a la evolución del volumen de la producción de maíz, la tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 1996 a 2006 fue de 2.0 %, no obstante, los decrementos registrados en 2002 y 2005 en la producción obtenida de -4.1 y -10.8 %, respectivamente. El cultivo de maíz en México es tan básico que se han generado muchas variedades de este mismo, con el cual se pueden obtener: tortillas, forraje, glucosa, fructosa, dextrosa, aceites, botanas, etanol para bebidas o como insumo en la producción de biocombustible (INFOAGRO, 2007).

El maíz, junto con el trigo y el arroz, son uno de los tres cereales con mayor importancia a nivel mundial. En general se cultiva en 134,2 millones de hectáreas, lo que aporta una cosecha de 559,3 millones de toneladas anuales. Los principales países productores son Estados Unidos, China y Brasil, seguidos por Argentina, Sudáfrica y Europa. El maíz se utiliza en un 78 % para alimentación animal (compuestos y forraje), sobre todo para terneros, cerdos y gallinas. Un 2.4 % se utiliza como alimento para el humano. En forma elaborada como aceite, almidón, edulcorante, alcohol o harina, el maíz también forma parte de muchos productos

alimenticios. El maíz tiene una gran importancia dentro del territorio nacional debido a su consumo y a la gran extensión de tierras dedicadas al cultivo del maíz (Martínez *et al.*, 2005).

Por su parte, México tiene un rendimiento de 3.2 ton ha<sup>-1</sup> que en comparación con la media anual de 5.2 ton ha<sup>-1</sup>, colocando a México en el lugar número 78, de países productores de este grano. Sin embargo, su producción no es autosuficiente para su consumo por la autosuficiencia del grano (AgroDer, 2012). El 80 % de la superficie cultivada, corresponde a tierras de temporal, normalmente ubicadas en zonas más precarias del país, siendo trabajadas por campesinos que conforman la misma comunidad, aportando más de la mitad de la producción nacional, generando una agricultura sustentable (Turrent *et al.*, 2012).

México está haciendo gran trabajo para poder incrementar el rendimiento de grano de Maíz, por su gran importancia que tiene como alimento, forraje y materia prima para la industria. La siembra de variedades mejoradas, ofrece la perspectiva de un rápido y considerable aumento en la productividad de este cereal (Martínez *et al.*, 2005). Una de las ventajas de este cultivo, es el ciclo rápido, permitiendo dos ciclos de cultivo durante el año, permitiendo una agricultura extensiva e intensiva, para satisfacer las necesidades alimentarias de la producción pecuaria, humana, incluso en la producción normal de cultivos, se utiliza como parte de la rotación de cultivos, en alternativa a la degradación de los suelos, provocada por la agricultura moderna (Reta *et al.*, 2022).

## **2.2 Descripción del maíz**

### **2.2.1 Clasificación taxonómica**

Nombre común o vernáculo: Maíz

Nombre científico o binominal: *Zea mays* L.

El maíz (*Zea mays L.*) corresponde a la familia de las *Poáceas* (Gramíneas), tribu Maydeas. Algunas especies conocidas del género *Zea*, frecuentemente llamadas teocintle y otras del género *Tripsacum*, catalogadas como arrocillo o maicillo, son individuos salvajes, parientes de *Zea mays*. Denominada especie del nuevo mundo debido a que su centro de origen es América. Al principio los taxónomos clasificaron los géneros *Zea* y *Euchlaena* al cual pertenecía el teocintle como dos diferentes. En la actualidad, a raíz de la compatibilidad para la hibridación entre estos grupos y por estudios citogenéticos, se aprobó que ambas pertenecen al género *Zea*. El teocintle y *Tripsacum* son una fuente importante de características deseables para el mejoramiento (Paliwal *et al.*, 2001). Según Cabrerizo, (2012) el maíz se puede clasificar de manera taxonómica. Reino: Vegetal, Subreino: Embryobionta, División: Angiospermae, Clase: Monocotyledoneae, Orden: *Poales*, Familia: *Poaceae*, Género: *Zea*, Especie: *Mays*, Nombre científico: *Zea mays L.*

### 2.2.2 Clasificación racial del Maíz

Según Acosta (2009), su primera clasificación fue realizada por Alfred Henry Sturtevant de manera artificial, en base a la textura o estructura del endospermo encontrando 7 clasificaciones:

- ✓ ***Zea mays tunicata St.***, se caracteriza por poseer una vaina o túnica que Encierra a cada grano. Maíz primitivo sin valor comercial.
- ✓ ***Zea mays indurada St.***, o maíz duro se caracteriza por su superficie lisa, Cuerpo vítreo, además su endospermo es mayormente cristalino o córneo, que rodea un mínimo centro harinoso.
- ✓ ***Zea mays amilácea St.***, o también maíz harinoso se estructura por un endospermo harinoso, no cristalino y de gran tamaño.
- ✓ ***Zea mays indentata St.***, o maíz dentado se estructura por un endospermo córneo (duro) por sus partes extremas y harinosas (suave) en su centro. Además, la corona del grano presenta una depresión debido a la contracción de la parte harinosa del grano.

- ✓ ***Zea mays saccharata St.***, conocido como maíz dulce, se caracteriza por tener un elevado contenido de azúcar, debido a que contiene un gen recesivo ubicado en el cromosoma 4, causando la conversión de azúcares solubles en almidón.
- ✓ ***Zea mays everta St.***, conocido comúnmente como maíz palomero o reventón, descrita como una raza primitiva de maíz, cuya estructura es extremadamente cristalina, puede presentar una mínima porción de endospermo harinoso. Su forma puede llegar a ser puntiaguda o redonda.
- ✓ ***Zea mays ceratina Kul***, se diferencia por tener un endospermo ceroso. Se caracteriza por contener un almidón con grandes cantidades de amilopectina (100%), causante de que este tenga una característica gomosa similar a la yuca.

### 2.2.3 Descripción botánica

Según Morales (2015) el maíz es planta diploide ( $2n=20$ ), que normalmente poseen 10 pares de cromosomas e incluye diferentes variedades. Planta monoica, de fecundación alógama, mencionando que el polen proviene de los estambres de la flor, ya sea de la misma planta o de otro individuo de la misma especie.

### 2.2.4 Morfológica de la planta

**Tallo:** Es una planta con tallo cilíndrico, simple, recto, robusto y nudoso, según la variedad puede presentar un color verde, verde claro, morado. Alcanza una altura de 1 a 3 m o más. El tallo se estructura en epidermis, la pared y la médula (Morales, 2015).

**Sistema radicular fibroso:** Se distinguen 3 tipos de raíces: temporales, permanentes y adventicias. Las temporales aparecen cuando germina el grano, por consiguiente, son reemplazadas por las raíces permanentes. Las raíces permanentes pueden llegar a profundizar hasta 2 m, en condiciones favorables y se dividen en principales, laterales y capilares. Las raíces adventicias, brotan en los 2 o 3 primeros nudos del tallo, por encima del suelo (Morales, 2015).

**Las hojas:** Las hojas por lo general son lanceoladas, anchas y largas con bordes lisos, en la mitad superior de la planta brota una o dos yemas laterales ubicadas en la zona axilar de las hojas, donde se desarrolla la inflorescencia femenina, para finalmente convertirse en mazorca, en esta parte la planta guarda las reservas (Ortiz Vallejo, 2017).

**Sistema floral:** Es una planta monoica de flores unisexuales (flores masculinas y femeninas bien diferenciadas en el mismo pie). La inflorescencia masculina es terminal, denominada como panícula o espiga. La panícula puede presentarse de coloración verde, amarilla, rojiza o morada, debido a que está relacionada con la tonalidad de las glumas y anteras (Kato *et al.*, 2009). Las inflorescencias femeninas (mazorcas) se desarrollan en las yemas axilares de las hojas, son espigas formadas por un raquis central de forma cilíndrica donde emergen las espiguillas por pares, cada espiguilla con dos flores pistiladas una fértil y otra abortiva, un largo estilo con propiedades estigmáticas donde germina el polen (Kato *et al.*, 2009).

**Fruto:** La mazorca o inflorescencia femenina tiene la capacidad de producir hasta 1000 granos, distribuidos entre 6 a 12 pares de hileras por mazorca. Cada grano o semilla es un fruto individual conocido como cariósipide, insertados en el raquis u olote. El grano de maíz se constituye por 4 estructuras principales (pericarpio, endospermo, germen o embrión y la piloriza), se le atribuyen propiedades físicas y químicas como color, textura, tamaño, etc. muy importantes en la selección del grano como alimento (Kato *et al.*, 2009).

### **2.3 Formas de utilización y calidad del forraje de maíz**

Se presenta un cambio en la calidad del grano del maíz porque durante el desarrollo del cultivo, los factores ambientales como la temperatura o la humedad, incluso pueden darse durante la cosecha y o poscosecha. Estas disminuciones de calidad, de igual forma dependerá del manejo en su secado, transporte y almacenamiento. Los daños serán fácilmente visibles, al ser notado a simple vista, esto afecta su comercialización, uso y procesamiento. Estas anomalías en todo el

grano, o en alguna de sus partes, son alteraciones externas o internas que se dan como resultado de diferentes variantes y afectan su cobertura o su química (Sánchez, 2015).

Todos los métodos de conservación, generan pérdida de materia seca, que serán mínimos siempre y cuando la técnica de conservación o ensilaje, se realice de forma correcta. Lo ideal es evitar estas pérdidas, pues estas afectaran el valor nutritivo del producto final (Espinosa y Tadeo, 1995). Estrada *et al.* (2000), dan a conocer que las características organolépticas de los forrajes como el color, textura, olor, ayudan a tener una percepción instantánea sobre la calidad del forraje, pero, aun así, será necesario realizar un análisis físico-químico, para corroborar estas primeras impresiones. Con respecto a un factor muy importante, a primera vista como lo es el color, para identificar un forraje de calidad, se menciona, que debe contar con una tonalidad igual o similar al que tenía antes de ser cosechado, comúnmente color verde.

Otro ejemplo de un factor visible de color en los forrajes es cuando son recolectados en una etapa avanzada de su madurez, presentan colores pajizos, indicador de que la calidad nutritiva es baja, sucede regularmente en forrajes de gramíneas. En el caso contrario, cuando los colores visibles son castaños, esto indica, que existe un nivel de humedad excesivo, por encima del 15 % o ensilados con fermentaciones inadecuadas (aeróbicas) lo cual reduce la digestibilidad de la proteína cruda. El olor también es una característica importante a valorar, por lo general un forraje de buena calidad, o bien conservado, genera un olor a hierba y debe mantenerse así durante su conservación, es decir no debe percibirse olor a moho, estiércol o cualquier olor extraño, indicador de un forraje de mala calidad (Perulactea, 2014). Para realizar el ensilado de forma correcta, la cosecha para forraje debe realizarse cuando los Granos de maíz se encuentran en estado "lechoso" o "masoso", de preferencia en el último, esto porque se obtiene el equilibrio de la máxima calidad y el óptimo rendimiento. Se sabe que el forraje verde contiene aproximadamente el 70 % de humedad y un óptimo contenido de hidratos de carbono fácilmente fermentable y aprovechable si se somete al proceso de ensilado. Así mismo, se ha observado que

el forraje verde que se cosecha después de la época oportuna para realizar el corte, disminuye la proteína bruta y aumenta la celulosa, lo que determina una reducción gradual del valor nutritivo (Robles, 1983).

## **2.4 Condiciones de adaptabilidad y producción del cultivo del maíz**

### **2.4.1 Precipitaciones y requerimientos hídricos**

Las necesidades hídricas, son propias del área de cultivo, presentando una mayor necesidad, durante la floración y un requerimiento constante de agua (Zaragoza, 2012). Es un cultivo exigente en agua, conforme la planta crece, requiere una cantidad de humedad constante, en diferente medida a lo largo del ciclo de vida, al menos 5 mm al día, en especial en la fase vegetativa (Martínez *et al.*, 2004). Debido a estos requerimientos, es necesario establecer un cronograma de requerimientos hídricos para cada etapa fenológica del cultivo que permita una mejor eficiencia en el uso del agua, en caso contrario una precipitación de 550 mm a 2.000 mm por año, es óptima para suplir sus necesidades.

Según García Huatay *et al.* (2019), los requerimientos de agua para el cultivo de maíz se presentan de 1,37 mm/día en la etapa inicial a 6,49 mm/día en la etapa media, acumulando un total de 546,3 mm/día durante su periodo vegetativo. Resultados que coincidieron con los requerimientos mínimos de agua para las diferentes fases fenológicas reportados por Fuentes (2002), de con aproximadamente 700 mm y temperaturas de 21-27 °C. Con requerimientos de 5 mm diarios, el maíz es se considera un cultivo muy exigente en agua, por lo que los riegos acostumbrados de realizarse son por aspersión o por gravedad. El riego más utilidad hoy en la actualidad es el riego por aspersión. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del ciclo del cultivo (INZUNZA, 2010). El uso de sistemas de riego especializados, aumenta considerablemente el rendimiento del cultivo, el riego localizado se utiliza actualmente como alternativa al uso eficiente del agua en la agricultura, teniendo ventajas considerables en comparación con los sistemas tradicionales de producción (temporal) (Rojas, 2001).

## 2.4.2 Temperatura

La temperatura óptima para un buen desarrollo del cultivo está en un rango de 25 a 30 °C. Para que la semilla germine la temperatura idónea en el suelo debe estar entre los 15 a 20 °C. La temperatura mínima que soporta el maíz es de 8 °C y hasta los 30 °C, a temperaturas más elevadas se presentan problemas de absorción de nutrientes, minerales y agua (Ortas, 2008). De igual forma, las temperaturas bajas, durante la formación del grano, provoca una disminución en el rendimiento del contenido de materia seca, que afecta directamente el ensilado (Coors *et al.*, 1994). Aparte de la luminosidad, en la cuestión de la germinación, la temperatura juega también un papel importante. La temperatura recomendable debe de estar entre los 15 a 20 °C, aunque la planta del maíz puede llegar a aguantar temperaturas mínimas de 8 °C y a partir de los 30 °C, comienza a surgir serios problemas debido a la mala absorción nutrientes, minerales y agua (SDA, 2005).

## 2.4.3 Suelos

Se puede adaptar a diversas topografías, y texturas de suelos francos, franco arcilloso, arcillosos, franco arcillo-arenoso, los mismo que deben ser profundos, y con buena capacidad de drenaje, debido a que el cultivo no tolera encharcamientos. Además, soporta pH de 5.6 (medianamente ácido) a 8,4 (moderadamente alcalino), aunque lo óptimo para su normal desarrollo es un pH de 5.6 a 6.5 (Villaseca & Novoa SA, 1987). Al igual se puede desarrollar en una gran variedad de suelos, no obstante, el crecimiento de la planta del maíz en suelos arenosos y arcillosos es muy pobre si no se realizan las labores adecuadas (Castillo, 2008). El suelo es un factor muy importante, ya que, por su textura, contenido orgánico, nutrientes, aireación, capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica, entre otros factores físicos-químicos, influyen en el buen desarrollo del cultivo, es decir la capacidad del terreno para producir, aunque esto se puede ver afectado, por factores como material genético, condiciones ambientales, entre otras (Robles, 1990). Los factores del suelo mencionados se relacionan con la capacidad de la tierra para proveer a las plantas las



propiedades necesarias para crecer, producir el forraje esperado en cantidad y calidad, (Núñez, 1993).

Lo ideal para una buena producción son los suelos profundos y ricos en materia orgánica con buen drenaje para no ahogar o asfixiar la raíz de la planta, con un pH óptimo de 6 a 7, son los requerimientos del maíz para su mejor adaptabilidad, pero sin embargo esta planta se desarrolla en casi todos los tipos de terrenos (CONACYT 2019). El rendimiento y calidad nutritiva del forraje de maíz son afectados por varios factores, tales como el material genético, la fertilidad del suelo, el número de plantas por hectárea, la fertilidad química y las condiciones ambientales (Huejens, 1997).

#### **2.4.4 Densidad de población**

En un sistema de producción, donde se utilizan surcos estrechos la calidad del forraje no se ve muy afectada, ya que se han obtenido resultados similares o ligeramente superiores a los de un sistema de producción tradicional. El mayor rendimiento y buena calidad del forraje seco, produce una mayor producción de leche en el sistema de surcos angostos respecto al sistema del productor tradicional (Reta *et al.*, 2002). Hay mínimas densidades de plantas recomendadas, con densidades de 80 mil plantas por hectárea se ha visto aumento en el rendimiento de materia seca. La producción de grano es menor o se mantiene y la digestibilidad se reduce. La mayoría de estudios de este tema recomiendan utilizar una densidad alrededor de 80 - 90 mil plantas por hectárea para producir ensilados de alto valor nutritivo que se utilicen en las raciones para alimentar vacas lecheras altas productoras (Nuñez y Faz, 2003).

#### **2.4.5 Luminosidad**

De acuerdo con SDA (2005), la planta del maíz requiere una considerable incidencia de luz solar, para que produzca una correcta germinación de la semilla a la hora del establecimiento. Villaseca y Novoa (1987), establecen que el maíz requiere de una adecuada iluminación para su desarrollo, necesitando al menos 10 horas luz al

día, aunque puede tolerar días más largos con 12 a 14 horas luz siempre y cuando se mantengan los niveles de requerimientos hídricos en el suelo. El maíz, tiene la capacidad de adaptarse a diferentes fotoperiodos, neutros, largos o cortos (Robles, 1990). Es difícil separar el factor luz, de la calidad nutritiva del forraje, este factor, llega a influir en la calidad del forraje, de acuerdo a la luz recibida durante la estación del año, ya que el forraje de primavera, tiene un mayor contenido de proteína, que el cosechado en verano (Llanos, 1984).

#### **2.4.6 Fertilización**

Tarazona (2016), estipula que las extracciones del cultivo de maíz por tonelada de cosecha son de 28 a 30 kg de N, 10 a 12 kg  $P_2O_5$  y 23 a 25 kg de  $K_2O$  y en base a estas extracciones se calcula la dosis de abonado.

**Nitrógeno:** El nitrógeno es el elemento que más limita el crecimiento y el rendimiento del maíz, ya que las plantas requieren cantidades grandes de N, aproximadamente de 1.5 a 3.5 % de peso seco de la planta, en comparación con el resto de elementos, aunado a que la mayoría de los suelos no tienen suficiente N disponible para mantener los niveles deseados de producción (Below, 2002). Por esto mismo el nitrógeno se aplica en función del contenido de N en el suelo y de las características del cultivo anterior para complementar los requerimientos nutricionales de la planta. Además, la fertilización nitrogenada sobre el cultivo de maíz afecta positivamente el peso del grano y el número de mazorca (Lemcoff y Loomis, 1986; citado por Cervantes F., 2013).

**Fosforo:** Al igual que en la mayoría de los nutrientes la fertilización fosfatada depende del nivel de P disponible en el suelo, pero también se ve afectado por de la textura, la temperatura, el contenido de materia orgánica, y el pH del suelo, así como factores del cultivo y manejo de fertilizantes (García, 2001). La aplicación de fosforo es recomendable de fondo y localizada, de este modo se dejará el fertilizante en el punto de interés debido a la inmovilidad que tiene este nutriente en el suelo.

Según estudios del INIA (2021), la fertilización fosforada de maíz forrajero se observó que las dosis de  $P_2O_5$  de superfosfato triple (SFT) generan aumentos en el rendimiento relativo que fluctuaron entre el 629 a 100 %, en relación al tratamiento con el máximo rendimiento relativo.

**Potasio:** El potasio es un macronutriente de mayor movilidad que el fósforo, moviéndose en la solución suelo, pero en un grado mucho menor que el N. Los suelos donde se cultiva maíz, generalmente son ricos en P, debido a los residuos de cosecha, rotación de cultivos, fijación del elemento por la misma planta, es por esto que no es muy común la aplicación de este elemento (INIFAP, 2005). Cuando hay deficiencia de potasio, se forman entrenudos cortos y tallos delgados con hojas relativamente largas (Villanueva, 2018).

#### **2.4.7 Plagas y enfermedades del cultivo de maíz**

Conocer las plagas y enfermedades del maíz, es muy importante antes de realizar la siembra, de este modo estaremos prevenidos con agroquímicos precisos para controlarlos, así no tendremos pérdidas monetarias en la inversión, los gusanos cortadores tales como *Agrotis ipsilon*, *agrotis spp*, *Peridroma sauci*, *chorizagrotis auxiliaris* entre otras, cortan la plántula de maíz al nivel del suelo o un poco más a fondo, hacen pequeños agujeros en las hojas primarias dañando las secciones de los márgenes foliares. Los trips afectan hojas inferiores de las plántulas, con apariencia plateada y moteada, la succión más la raspada, provocan estrías delgadas longitudinales que se observa al acercar la vista, las especies más frecuentes de trips en los plantíos de maíz están los *Frankiniella spp*, *Anaphothrips spp*, *Hercothrips spp*, *Caliothrips (Hercothrips)* y *phaseoli (trips negro o de soya)* (Dobronski J., Silva E. y Heredia J. 1999).

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) es de color verde oscuro, provoca destrozos en las hojas, con más evidencia cuando se despliegan, esta plaga de apetito ansioso, después de la eclosión comienza raspando la epidermis foliar posteriormente devoran el cogollo. En la hoja de maíz también puede infestarse de

pulgón (*Rhopalosiphum maidis*), una plaga vector del virus mosaico de caña de azúcar (SCMV), del virus mosaico del enanismo de maíz (MEMV) y del virus del punteado foliar del maíz (MFPV), las plantas afectadas presentan manchas amarillas conspicuas, pueden achaparrarse, y volverse rojizas conforme maduran, las plantas infectadas rara vez producen mazorca) (Dobronski y Heredia, 1999).

Las enfermedades más comunes como la pudrición del tallo por *Pythium aphanidermatum*), causan tizones en la plántula, pudriciones en el tallo y semilla. La pudrición carbonosa de mazorca (*Macrophomina phaseoli*), al igual que la pudrición del tallo se presenta en regiones calientes y húmedas, principalmente en la etapa de la floración. Estas plantas con esta enfermedad, no siempre desarrollan pudrición en la mazorca por el mismo patógeno. El virus *Maize Mosaic Virus L.*, *MMV*, también conocida como el virus mosaico de maíz, provoca enanismo en la planta el grado de pequeñez depende de la planta en que ocurrió la infección (Dobronski y Heredia, 1999).

## **2.5 Como elegir un forraje**

La mayoría de los forrajes, provienen de leguminosas, gramíneas, algunas raíces de las crucíferas, chenopodiáceas y umbelíferas, donde se encuentran especies de interés forrajero (S.E.P, 1982). Para elegir un cereal como forraje, debemos investigar y verificar antecedentes como: adaptabilidad al medio ambiente, indicadores de producción relativa, valor nutritivo, posibilidad de rebrote y palatabilidad para el ganado (Sprague, 1985). El potencial del grano de maíz del ensilaje resultante debe ser la principal perspectiva a tomar en cuenta al seleccionar híbridos de maíz forrajero, complementando con los siguientes criterios: tiempo de madurez, la tolerancia a plagas, enfermedades y sobre todo a la sequía (Wesleey y Kezar, 1998).

Para elegir una especie vegetal forrajera de buena calidad, debe caracterizarse por una fácil ruptura de la epidermis, tejidos vasculares, concentraciones altas de azúcares no estructurales, que contenga elemento mineral óptimo y suficientes cantidades de aminoácidos esenciales y nitrógeno degradable en el rumen. El maíz

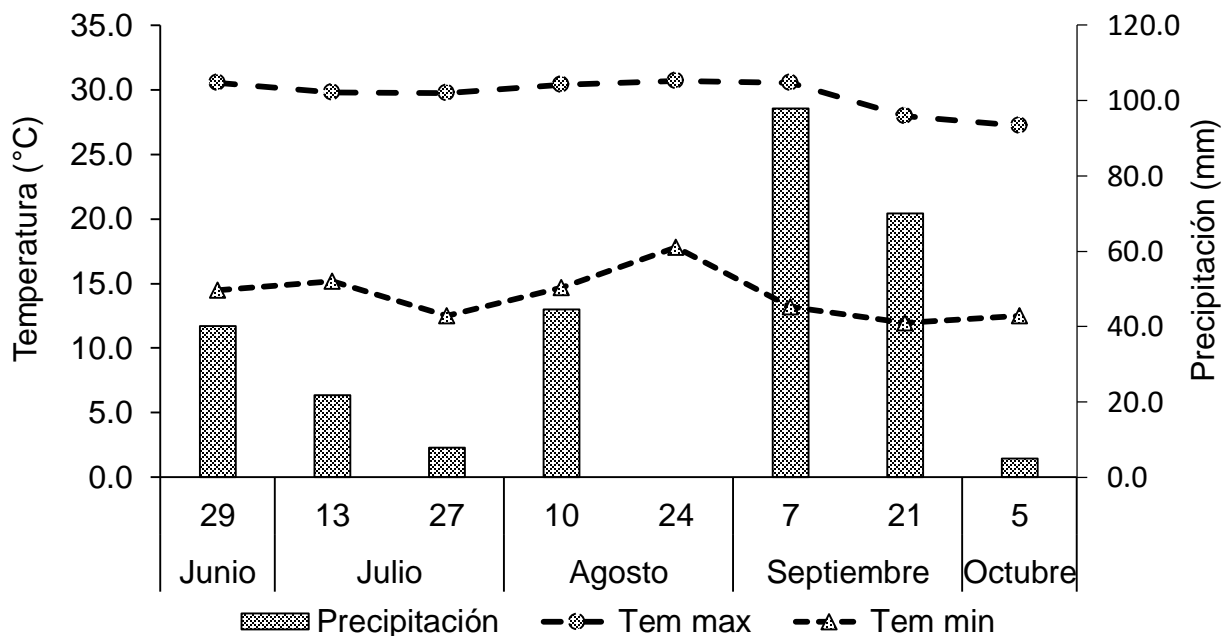
para ensilado debe producir material vegetal digestible en grandes cantidades, debe ser utilizado eficientemente por el animal y altamente consumible (Striuk y Deinum, 1990). Un maíz híbrido de buena calidad, se caracteriza por el alto rendimiento de materia seca, índice de cosecha, estabilidad, proteínas, contenido de carbohidratos, digestibilidad, producto de materia seca digestible y consumo de materia seca (Pinter, 1986).

No obstante, hay poca información sobre la clasificación del forraje de maíz en México. Aunque existe una ordenación de los componentes de maíz para forraje, basado principalmente en la perspectiva la concentración de (FND, FAD) la digestibilidad invita de la materia seca y la energía neta de lactancia (ENL), por lo que un ensilado de maíz de alto valor nutritivo debe contener la mínima concentración de fibra, mayor contenido de energía y alta digestibilidad (Herrera, 1999). La calidad del forraje influye en su composición química, edad de la planta en la que se cosecha, relación hoja: tallo y que sea deseable para los animales, dependiendo de la textura, color y olor del forraje (Huejens, 1997).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Sitio experimental

El presente trabajo se realizó del 16 de mayo al 16 de septiembre del (primavera-verano) con el material maíz híbrido AN-447 evaluando cuatro edades fisiológicas del cultivo establecidas como 80, 95, 110, 125 Días Después de la Siembra (DDS), en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Las coordenadas del sitio experimental son 25° 23' de Latitud Norte y 101° 00' de Longitud Oeste, a una altitud de 1,783 msnm. El clima es clasificado como templado semi-seco, con una temperatura promedio de 18 °C, con inviernos extremos y con una precipitación media anual de 340 mm (RUOA UNAM, Observatorio Atmosférico Saltillo, UAAAN 2020). Las temperaturas máximas y mínimas y precipitación acumulada mensual desde la siembra hasta el final del experimento, se presentan en la siguiente figura.



**Figura 1.** Medias quincenales de la temperatura máxima (Tem. máx, °C), mínima (Tem. mín °C) y precipitación acumulada (PP, mm) durante el periodo de estudio del 16 de mayo al 16 de septiembre del 2020, en maíz cultivar AN-447, en Saltillo, Coahuila, México.

## **3.2 Diseño experimental y tratamientos**

Se utilizó una parcela de maíz de la variedad AN-447, con una densidad de 50,000 plantas ha<sup>-1</sup>. El área experimental estuvo formada por 16 camas de 288 plantas por cama. A cada cama se le aplicaron 40 ml de leonardita cristalizada disueltos en 20 litros de solución nutritiva (HOAGLAND MODIFICADA). Las aplicaciones fueron en cinco ocasiones, cada catorce días, iniciando a los 14 DDS. Se usó un diseño experimental de bloques completamente al azar. Los tratamientos fueron las fechas de corte. Se realizaron los muestreos en un intervalo de 15 días los cuales fueron a los 80, 95, 110 y 125 DDS. La unidad experimental estuvo conformada de 5 surcos de 5 metros de longitud. se realizaron riegos cada 14 días en época de estiaje dejando a capacidad de campo, el sistema de riego fue por goteo con cintilla calibre 6000.

## **3.3 Variables evaluadas**

### **3.3.1 Rendimiento de forraje**

Se cortaron 5 plantas de maíz dejando un margen de 3 surcos hacía el centro de la unidad experimental, con el fin de evitar el efecto orilla, cada muestra fue etiquetada con número de repetición. Se pre-secaron durante 72 h a la intemperie y posteriormente se pasaron a secar totalmente en una estufa de aire forzado modelo No. POM-246F, No. 800, a una temperatura de 55 °C, hasta peso constante y se registró el peso de la materia seca, y su estimación en kilogramos de materia seca por hectárea (kg MS ha<sup>-1</sup>) de cada uno de los componentes morfológicos de la planta hoja, vaina, tallo, material muerto, inflorescencia fruto.

### **3.3.2 Composición morfológica (CM)**

Cada una de La planta cosechadas para rendimiento de forraje, fueron divididas en hoja, tallo, material muerto, inflorescencia y fruto. Cada componente se secó en la estufa de aire forzado se prosiguió a tomar sus datos de peso seco y se estimó la aportación de cada uno al rendimiento total, en kg MS ha<sup>-1</sup> y porcentaje

(%) utilizando las siguientes formulas:

$$\text{CM (\%)} = \frac{[\text{Peso total del componente}]}{\text{Peso total de la CM}} \times [100]$$

$$\text{kg MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1} = \frac{[\text{kg MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1} \text{ componente}^{-1}]}{\text{kg MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}} \times [100]$$

### 3.4 Análisis estadísticos

Para determinar el efecto del momento del corte sobre las variables evaluadas, bajo un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones, se llevó a cabo un análisis de varianza con el procedimiento PROC GLM del SAS para Windows versión 9.3 (SAS Institute, 2011) y se hizo una comparación de medias con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Valor de la variable de respuesta en el tratamiento  $i$ , repetición  $j$

$\mu$  = Media general de la población estudiada

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$B_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$\varepsilon_{ij}$  = Error estándar de la media



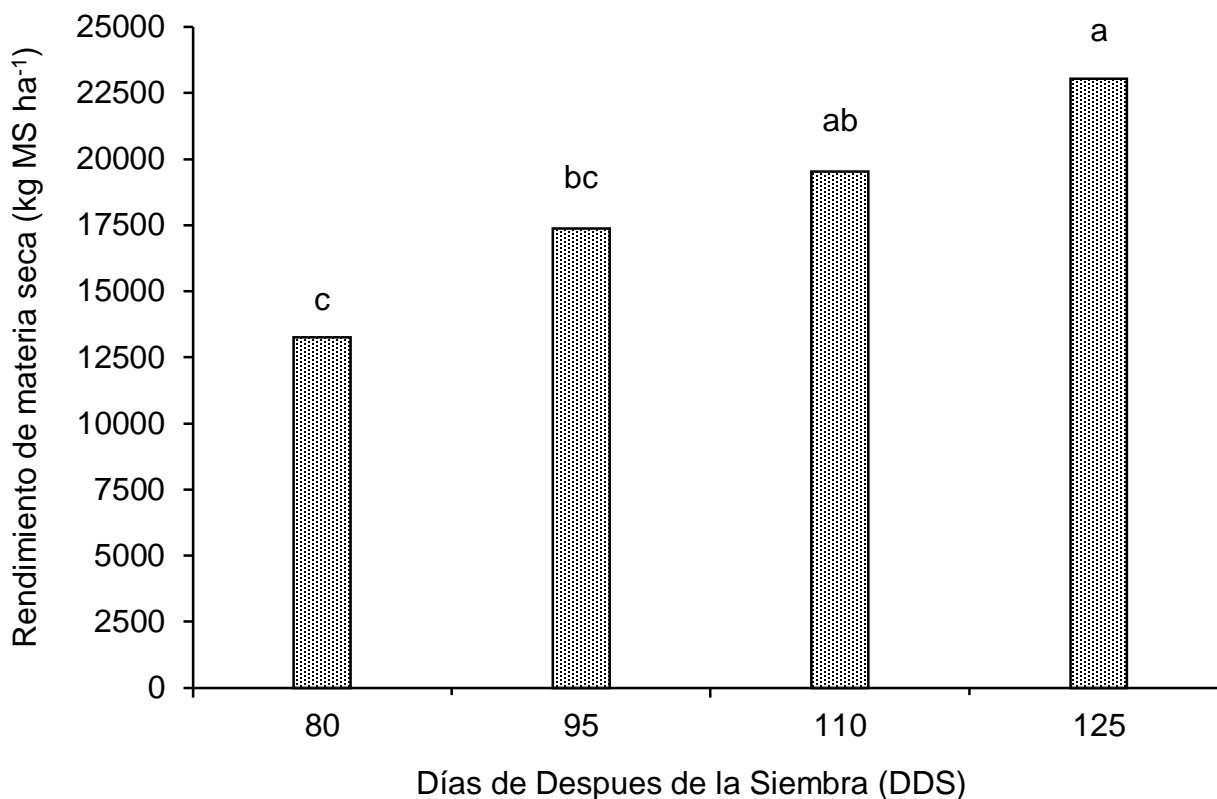
## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Rendimiento de forraje

#### 4.1.2 Rendimiento de materia seca total

En la Figura 2, se presentan los rendimientos de forraje del híbrido AN-447 cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sur este de Saltillo, Coahuila, México. Se presentaron diferencias estadísticas entre días después de la siembra, al momento de la cosecha ( $p \leq 0.0006$ ; Anexos cuadro 1). El mayor rendimiento de forraje se registró a los 125 días después de la siembra con  $23,034 \text{ kg MS ha}^{-1}$ , sin embargo, este fue estadísticamente similar a los reportado a los 110 DDS con  $19,530 \text{ kg MS ha}^{-1}$ . Al contrario, los menores rendimientos se mostraron a los 80 días después de la siembra, al inicio del estudio con un valor de  $13,248 \text{ kg MS ha}^{-1}$ , con una diferencia de  $6282 \text{ kg MS ha}^{-1}$ , representando un aproximado del 31 %.

Sin embargo, Ortiz (2020) trabajo con el mismo material AN-447 obteniendo resultados a los 125 DDS ( $p > 0.05$ ) con un promedio de  $19,506 \text{ kg MS ha}^{-1}$ , sin ser diferente a los producido a los 95 y 110 DDS. Así mismo, en ambos tratamientos, el rendimiento más bajo fue a los 80 DDS, con promedios de  $9,638$  y  $11,180 \text{ kg ms ha}^{-1}$ , respectivamente. Al igual que Linares (2022), quien en su trabajo de tesis “valuación de la producción de forraje de tres genotipos de maíz (*zea mays L.*)” en el rendimiento de materia seca encontró que el híbrido AN-447 a los 70 y 98 días después de la siembra obtuvo un rendimiento con  $11,237 \text{ kg MS ha}^{-1}$ .



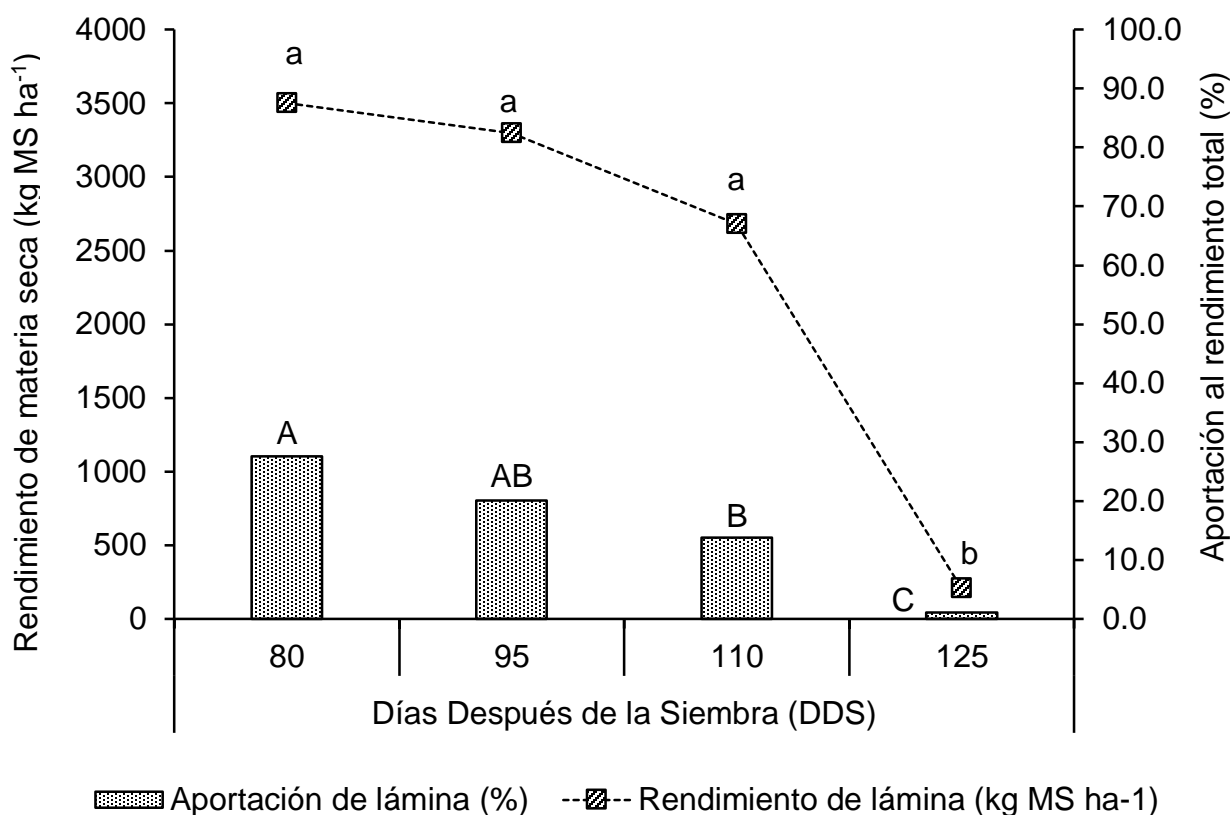
**Figura 2.** Rendimiento de materia seca total (kg MS ha<sup>-1</sup>) del híbrido AN-447 de maíz (*Zea mays* L.) cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Medias letras minúsculas sobre las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey;  $p \geq 0.05$ ).

## 4.2 Componentes del rendimiento

### 4.2.1 Aportación de lámina al rendimiento total

En la Figura 3 se representa el aporte del componente lámina en relación a los días de corte el cual se realizó en el Sur este de Saltillo, Coahuila, México. Apreciándose que el componente lamina a los 80 DDS aporta 3,501 kg MS ha<sup>-1</sup>, siendo en este corte mayor la aportación, sin embargo, el corte a los 95 DDS con 3,297 kg MS ha<sup>-1</sup>, fue estadísticamente diferente al resto de los cortes se vio que en el corte a los 125 DDS con 207 kg MS ha<sup>-1</sup>, se da el menor aporte al rendimiento de materia seca total. En comparación, con los resultados obtenidos en este proyecto de investigación,

donde se obtuvo como mejor resultado a los 80 DDS con Flores (2022), registro como mayor resultado con 5,176 y 3,306 kg MS ha<sup>-1</sup> a los 70 DDS. En general, el rendimiento de lámina, así como su aportación en porcentaje al rendimiento total fue de mayores a menores valores, de 3,501 kg MS ha<sup>-1</sup> con un 28 % hasta un 207 kg MS ha<sup>-1</sup> con 1 %.

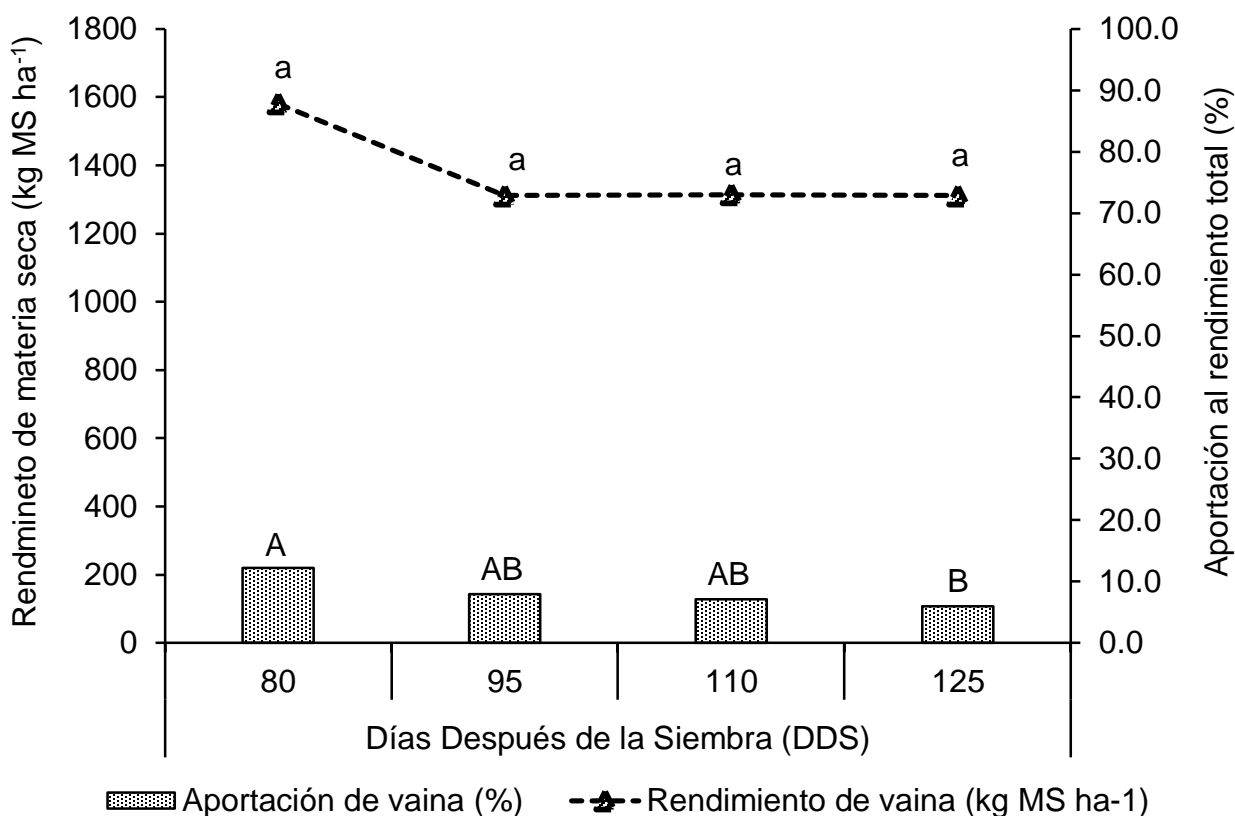


**Figura 3.** Rendimiento de lámina (kg MS ha<sup>-1</sup>) y porcentaje de aportación al rendimiento total de materia seca (RTMS) del híbrido AN-447 de maíz (*Zea mays* L.) cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Medias letras minúsculas sobre las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey;  $p \geq 0.05$ ).

#### 4.2.2 Aportación de vaina al rendimiento total

En la Figura 4 se expresa la aportación del componente vaina en relación a los días de corte el cual se realizó en el Sureste de Saltillo, Coahuila, México, apreciándose que no se presentaron diferencias estadísticas entre días después de la siembra, con

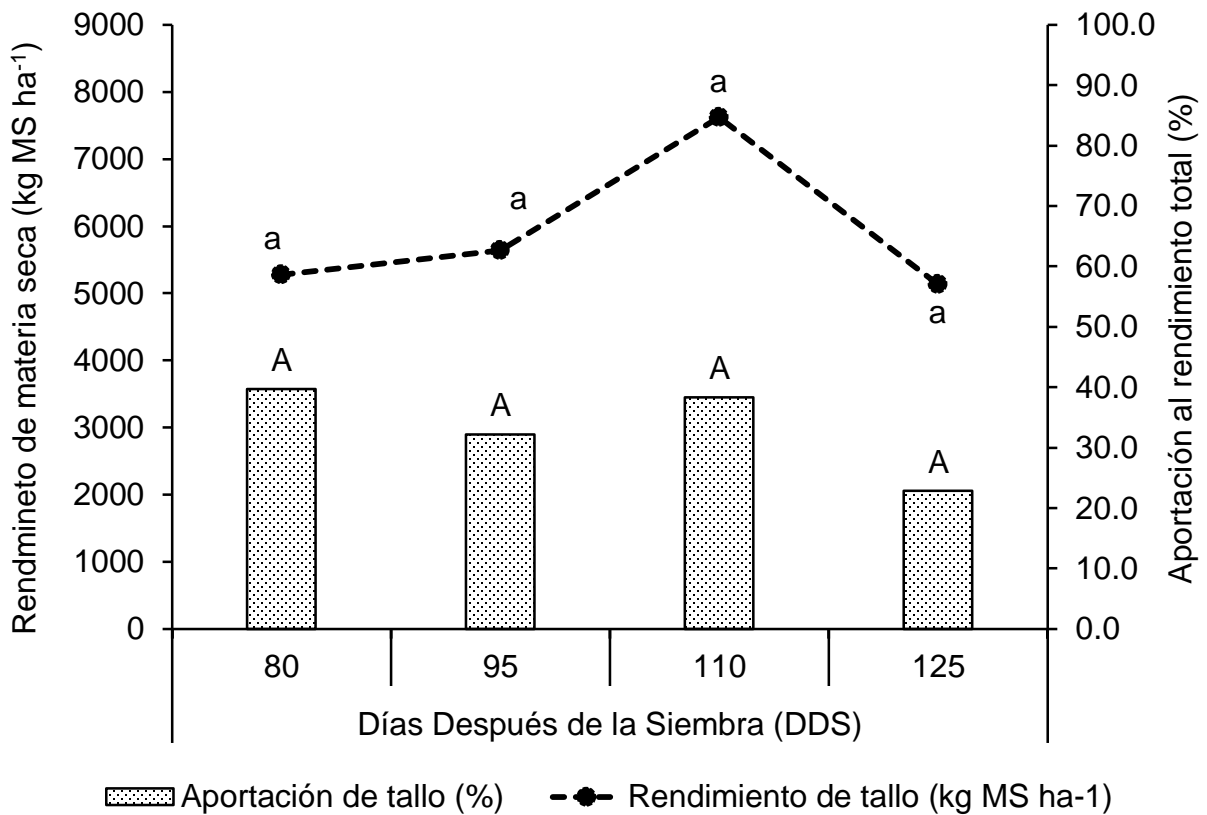
un promedio 1,379 kg MS ha<sup>-1</sup>. No obstante, una diferencia numérica mayor de presento a los 80 días después de la siembra con 1,581 kg MS ha<sup>-1</sup>. En comparación con los resultados obtenidos por Linares (2022), con respecto a los valores obtenidos en la variable de vaina para la variedad AN-447, se observaron rendimientos superiores a los obtenidos en este trabajo de investigación como valor más alto 1,581 kg MS ha<sup>-1</sup> y menor al de Linares (2022) quien obtuvo como valor más alto 1,733 kg MS ha<sup>-1</sup> , sin embargo, es considerarse en cuenta , que en el experimento de Linares, se utilizó leonardita como complemento de la fertilización, por lo que los resultados obtenidos se pueden interpretar como positivos.



**Figura 4.** Rendimiento de vaina (kg MS ha<sup>-1</sup>) y porcentaje de aportación al rendimiento total de materia seca (RTMS) del híbrido AN-447 de maíz (*Zea mays* L.) cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Medias letras minúsculas sobre las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey;  $p \geq 0.05$ ).

### 4.2.3 Aportación de tallo al rendimiento total

En la Figura 5, se expresa el componente tallo y su respectiva aportación en relación a los días después de la siembra, en condiciones del Sureste de Saltillo, Coahuila, México. Se observó que la mayor aportación al rendimiento total se dio al momento del corte a los 110 días después de la siembra con 7,626 kg MS ha<sup>-1</sup>, mientras el menor aporte a los 125 DDS con 5,136 kg MS ha<sup>-1</sup>, siendo el componente que mayor aporte hizo al rendimiento total en referencia a los demás componentes morfológicos con un 33 % a la producción de materia seca. De acuerdo con Flores (2022), el cuanto al componente tallo, obtuvo un valor de 6,498 kg MS ha<sup>-1</sup> a 112 DDS, siendo menores a los obtenidos en este estudio, tomando en cuenta que se utilizó leonardita como complemento, considerando resultados positivos. De igual forma estos resultados son superiores a los obtenidos por Santiago (2022), que obtuvo 4,978 kg MS ha<sup>-1</sup> a los 80 DDS, quien si utilizo leonardita como complemento de la fertilización.



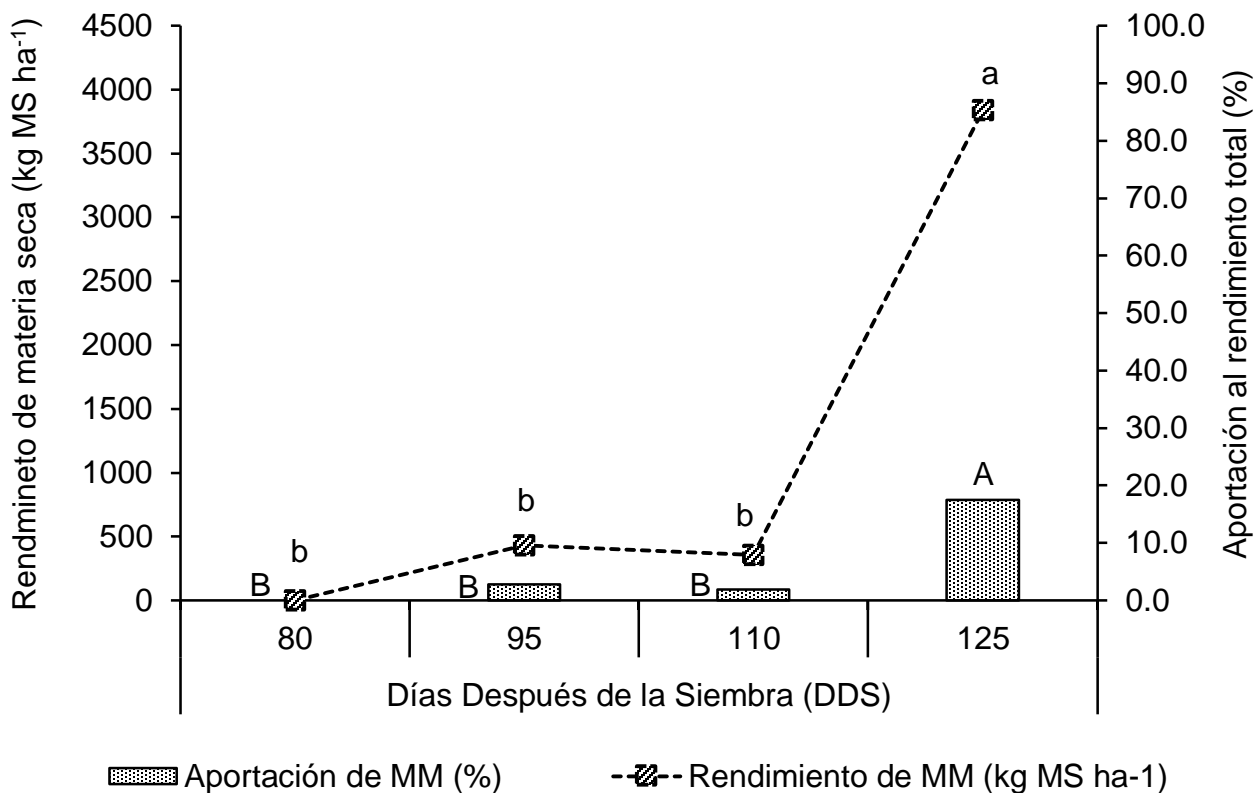
**Figura 5.** Rendimiento de tallo (kg MS ha<sup>-1</sup>) y porcentaje de aportación al rendimiento

total de materia seca (RTMS) del híbrido AN-447 de maíz (*Zea mays* L.) cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Medias letras minúsculas sobre las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey;  $p \geq 0.05$ ).

#### **4.2.4 Aportación de material muerto al rendimiento total**

En la Figura 6, se representa al componente material muerto y su respectiva aportación en relación a los días de corte el cual se realizó en el Sureste de Saltillo, Coahuila, México. Se puede observar que el material muerto o senescente se incrementó significativamente en el corte a los 125 DDS con 3,840 kg MS ha<sup>-1</sup>. Se pudo registrar que el material muerto comienza a presentarse en el corte realizado a los 95 DDS con 429 kg MS. ha<sup>-1</sup> de aportación siendo este corte estadísticamente diferente al corte de los 105 DDS con 357 kg MS ha<sup>-1</sup>. El valor obtenido a los 125 DDS, muy superiores a los obtenidos por Linares (2022), quien a los 80 DDS obtuvo 74 kg MS ha<sup>-1</sup> y Santiago (2022), respectivamente obtuvo 1,998 kg MS ha<sup>-1</sup> a los 110 DDS, recalcando el uso de Leonardita como complemento de la fertilización, siendo muy superiores los valores de este trabajo de investigación, resaltando la gran diferencia entre ambos.

La presencia de material muerto fue inconsistente o similar a los 95 y 110 días después de la siembra, y fue notorio un incremento a los 125 días con 3,80 kg MS ha<sup>-1</sup> y un aporte del 17 % al rendimiento total, ya que esta última fecha el cultivo estaba en la fase final de su crecimiento o fase fenológica y lo más importante para la planta era desarrollar el fruto, más que mantener activas fotosintéticamente las hojas y láminas foliares.

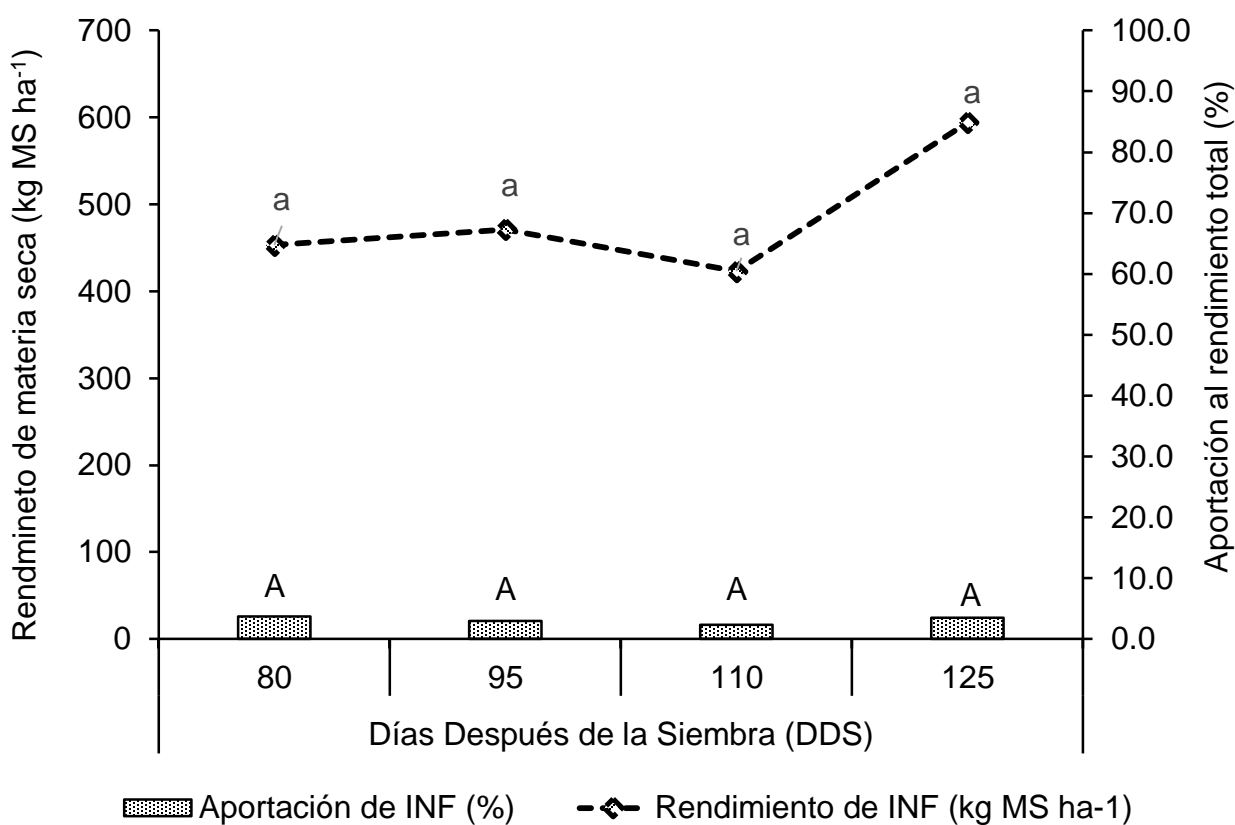


**Figura 6.** Rendimiento de material muerto ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ) y porcentaje de aportación al rendimiento total de materia seca (RTMS) del híbrido AN-447 de maíz (*Zea mays* L.) cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Medias letras minúsculas sobre las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey;  $p \geq 0.05$ ).

#### 4.2.5 Aportación de inflorescencia al rendimiento total

En la Figura 7, se expresa al componente inflorescencia y su respectiva aportación en relación a los días de corte el cual se realizó en el Sureste de Saltillo, Coahuila, México. No se presentaron diferencias significativas entre días después de la siembra, donde fueron similares desde de los cortes de los 80 a 125 días después de la siembra, con un promedio de  $485 \text{ kg MS ha}^{-1}$ . Debido a la edad de la planta en que se inició el experimento la inflorescencia siempre tuvo aporte de inflorescencia al rendimiento total, con un promedio de aportación del 3 %, aunque los valores tanto en rendimiento de materia seca y porcentaje fue siempre oscilante.

La inflorescencia, presento con 594 kg MS ha<sup>-1</sup> como valor más alto a los 125 DDS, siendo ligeramente superior al de Linares (2022), respectivamente obtuvo con 577 kg MS ha<sup>-1</sup> a los 84 DDS, y en un rango mayor al de Santiago (2022), quien obtuvo con 344 kg MS ha<sup>-1</sup>, una vez más destacando el uso complementos en la fertilización, demostrando que el uso de un sistema de producción de surcos estrechos, puede igualar y superar los resultados de sistemas tradicionales.

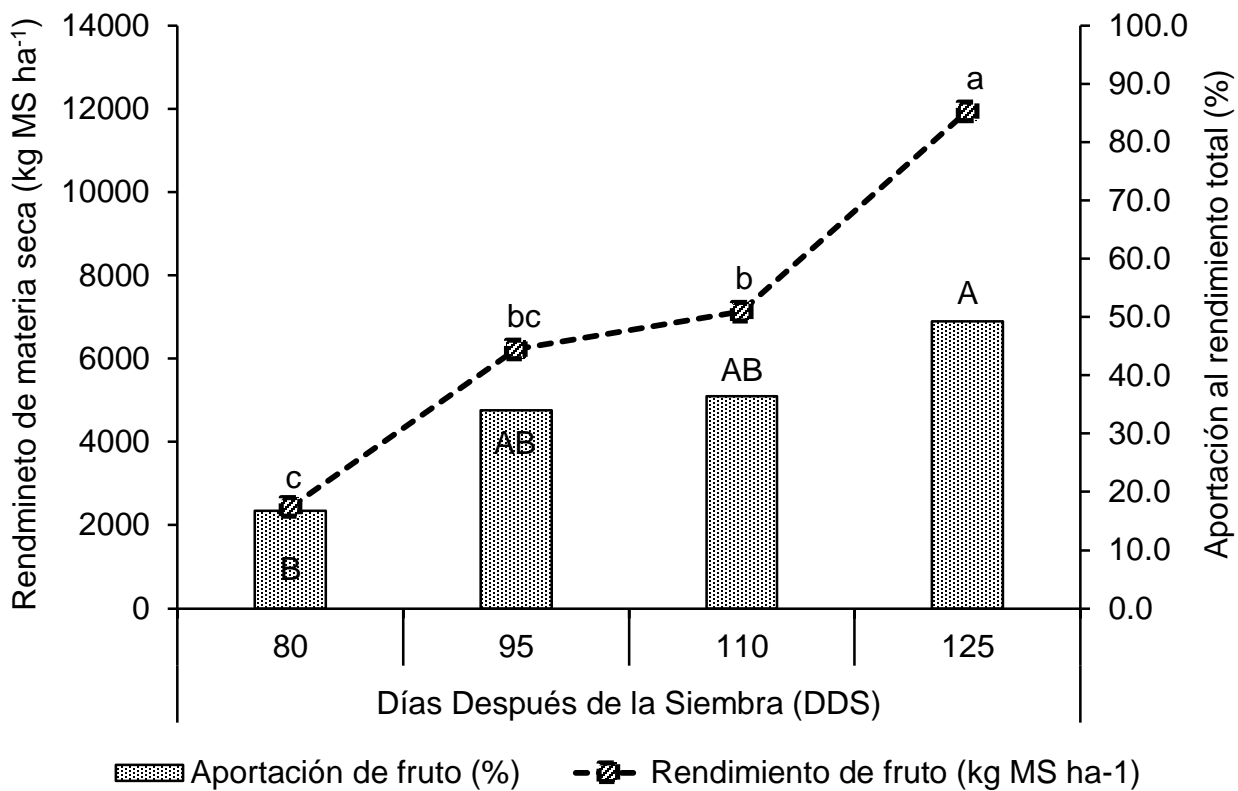


**Figura7.** Rendimiento de inflorescencia (kg MS ha<sup>-1</sup>) y porcentaje de aportación al rendimiento total de materia seca (RTMS) del híbrido AN-447 de maíz (*Zea mays* L.) cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Medias letras minúsculas sobre las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey;  $p \geq 0.05$ ).



#### 4.2.6 Aportación de fruto al rendimiento total

En la Figura 8, se registra el rendimiento del fruto de maíz del híbrido AN-447 en el Sureste de Saltillo, Coahuila, México y su aportación al rendimiento total de materia seca. Se observó que el ultimo corte a los 125 días después de la siembra con 11,946 kg MS ha<sup>-1</sup>, en comparación a lo obtenido a los 80 días después de la siembra con 2,436 kg MS ha<sup>-1</sup>, lo que indica que la aportación del fruto incrementa a cada corte siendo este componente el que aporta el 34 % a la producción de material seco total. El rendimiento de materia seca de fruto y su aportación al rendimiento total en porcentaje fue mayor conforme avanzó la edad de la planta desde 2,436 kg MS ha<sup>-1</sup> a los 80 días después de la siembra con 17 % de aportación hasta 11,946 kg MS ha<sup>-1</sup> al final del experimento a los 125 días después de la siembra con 49 %. Los resultados obtenidos en este estudio fueron superiores al obtenido a los 80 días después de la siembra por Santiago (2022), quien presentó 12,588 kg MS ha<sup>-1</sup> con el uso de Leonardita, siendo casi similares, sin embargo, en comparación con el obtenido por Linares (2022), que obtuvo 2,289 kg MS ha<sup>-1</sup>, siendo aún mayores, aunque el uso de complementos de fertilización se hace presente. Respectivamente el resultado de Flores (2022), es similar al de Linares, siendo menores a los de este trabajo de investigación.



**Figura 8.** Rendimiento de fruto (kg MS ha<sup>-1</sup>) y porcentaje de aportación al rendimiento total de materia seca (RTMS) del híbrido AN-447 de maíz (*Zea mays* L.) cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Medias letras minúsculas sobre las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey;  $p \geq 0.05$ ).

## V. CONCLUSIONES

En el rendimiento total de materia seca del cultivar maíz híbrido AN-447, influyeron los componentes morfológicos, lo cual estuvo en función a sus etapas fisiológicas o edad de la planta. El componente que más aportó al rendimiento total fue el fruto con 34 %, seguida por el tallo, hoja, vaina, material muerto e inflorescencia con 33, 16, 8, y 6 %, respectivamente. El rendimiento total de materia seca se incrementó a mayor edad de la planta, similar comportamiento al fruto, mientras la lámina foliar descendió su producción y aportación al rendimiento total a mayor edad del cultivo. De las cuatro edades evaluadas, las más aceptable para la cosecha son a los 110 o 125 días después de la siembra, dado el mayor rendimiento de cada componente morfológico.

## VI. LITERATURA CITADA

- Aceves R., E., A. Turrent F., J. I. Cortés F. y V. Volke H. 2002.** Comportamiento Agronómico del híbrido H-137 y materiales criollos de maíz en el valle de Puebla. Rev. Fitotec. Mex. 25: 339-347.
- Acosta, R. 2009.** El cultivo del maíz, Su origen y clasificación. EL MAIZ en Cuba. Cultivos Tropicales, 30(2).
- Aguila, C., C., 2014.,** Calidad de rendimiento de maíz en función del tipo de Fertilización en ambientes contrastantes. 110-111 pp.
- Alvarez, J. 2007.** Revista sembrando. "El desarrollo del país en buenas manos". BNF. 22-23 pp.
- Amador, A.; Boschini, C. 2000.** Fenología productiva y nutricional del maíz para la Producción de forraje. Agronomía Mesoamericana 11(1):171-177.
- Beriola M. L, 2002.** El cultivo de maíz para ensilaje. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Lomas de Zamora 1ra parte. 96 p.
- Borrás, L. y M. E. Otegui. 2001.** Maize kernel weight response to postflowering source-sink ratio. Crop Sci. 49: 1816-1822.
- Borroel G.V 2014.** Híbridos de maíz grano y forraje en alta densidad y aplicación de Ácido húmico y algaenzimas. pp 18.
- Castillo, L., Velázquez, E., Huitrón, G., & Rosales, V. 2008.** Combinación de Estrategias Estadísticas para la Selección de Híbridos de Maíz Combination of Statistics Strategies for a Maize Hybrid Selection. XXX VBBBO NY5, 20 p.
- Castro, L, C., J, 2005** Evaluación y adaptabilidad de 10 variedades de maíz (zea mays) En la zona de jalapa. p 31.

- Cazco, C. 2006.** Maíz Cultivos andinos. Clase tercer año de ingeniería agropecuaria. Universidad Técnica del Norte. Ibarra–Ecuador, 23.
- Chávez A., J. L. 1995.** Mejoramiento de Plantas 1. Segunda Edición. Ed. Trillas. México. 136 p.
- Coors, J. G; Carter, P. R; Hunter, R. B. 1994.** Silage Corn In; Speciality Cors; Hallauer. A. R. ed. CRC Press INC. Iowa USA. 305-339 p.
- Deras F. H., 2014.** Guía Técnica el Cultivo de Maíz. 32 p.
- Espinosa C., A. y M. Tadeo R. 1995.** Desespigamiento en cruzas simples de maíz y Su efecto en la producción de semillas. Rev. Fit. Mex.18 (1): 9 - 15.
- Espinosa C., A. y M. Tadeo R. 1998.** Evaluación de desespigue mecánico en híbridos Dobles de maíz, en los valles altos de México. Nota Técnica. Agronomía Mesoamericana. 9 (1): 90 - 92.
- Espinoza B. A., Gutiérrez del R. E, Palomo G. A., Lozano G. J. J. y González C. M. E. 2003.** Estimación de los efectos genéticos en híbridos varietales de maíz forrajero. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. 15 p.
- Estrada C., G., C. G. Martínez R., E. J. Morales R. y C. Gonzáles V. 2000.** Rendimiento y componentes de rendimiento en híbridos y cultivares de maíz para valles altos. Nota Científica. Memoria del XVIII Congreso Nacional de Fitogenetica. 15 al 20 octubre. Irapuato. Guanajuato, México. 21 p.
- Fortes, D.; Herrera, R.S.; García M.; Cruz, A. M.; Romero A. 2012.** Composición química de Pennisetum purpureum vc. Cuba CT-115 utilizado como banco de biomasa. Revista Cubana de Ciencia Agrícola [en línea]. 2012, 46(3), 321-329[fecha de Consulta 14 de Abril de 2023]. ISSN: 0034-7485. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193025294016>

- Fuentes, M. 2002.** El cultivo del maíz en Guatemala. Una guía para su manejo agronómico. Instituto de Ciencia y Tecnologías Agrícolas. ICTA, Guatemala, 45.
- Gebauer, A. 1994.** Evaluación de 10 híbridos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en la Provincia de Valdivia. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 71 pp.
- Gonzalez A., Reyes L. 2014.** El conconiendo agrícola tradicional, la milpa y la alimentación: el caso del Valle de Ixtlahuaca, Estado de México. Revista de Geografía Agrícola núm. 52-53/22.
- Greenpeace, 2000.** El maíz en América Latina, contaminación del centro de origen del Maíz. 10 p.
- Gutierrez, L.; Santini, F.; Van Olphen, P. y Viviani Rossi, E. 2000.** Efectos del Momento y altura de corte sobre la producción y calidad de la materia seca de maíz para silaje. XVI Reunión Latinoamericana de Producción Animal. Montevideo. 2 p.
- Icamex, 2018** Ensilaje. Obtenido de Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal: 16 de enero 2020.  
<http://icamex.edomex.gob.mx/search/node/ensilaje>
- Infoagro, 2007.** El Ensilaje. Una Alternativa para la Conservación de Forrajes. Boletín Técnico. Bucaramanga, Pág., 8-9  
[syngentaseeds.es/biotecnologia/maiz21.htm#](http://syngentaseeds.es/biotecnologia/maiz21.htm#), 2010.
- INFOAGRO, 2012.** “El cultivo del maíz”. Disponible en:  
[www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp](http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp). Consultado el 17/08/2012.
- INZUNZA, 2010.** Producción del maíz forrajero bajo condiciones de fertilización Orgánica y cero tratamientos de herbicida. 17 p.
- Izquierodo, B., R., A. 2012** Evaluación del cultivo de maíz (*zea mays*), como

Complemento a la alimentación de bovinos de leche en épocas de escasez de alimento. cayambe – ecuador. 87 p.

**Kato, T. A., Mapes, C., Mera, L. M., Serratos, J. A., & Bye, R. A. 2009.** Origen y diversificación del maíz: Una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, DF, 116.

**Llanos, M. C. 1984.** El Maíz; Su Cultivo y Aprovechamiento. Ediciones Mundi Prensa. Madrid España. Pp. 65-73.

**Maroto, J. 1998.** “Horticultura herbácea especial”. 4ta Edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid-España. 589-593 pp.

**Martínez G., M. I., R. Gaytán B., L. Reyes M., M. Luna F., J. S. Padilla R. y N. Mayek P. 2004.** Rendimiento de grano y forraje de maíces híbridos de riego en Aguascalientes y Zacatecas, México. Agricultura Técnica en México. 30:53-61. Androfértiles y Androestériles Isogénicas y respuesta a la fertilización y densidad de población. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 28 (2): 127-133.

**Morales, E. R. B. 2015.** Manejo de cultivos andinos del Ecuador. Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 145.

**Ortas, L. 2008.** Cultivo del maíz: Fisiología y aspectos generales.

**Ortiz Vallejo, C. D. 2017.** Sistema productivo para la conservación de una variedad. De maíz criollo (*Zea mays*), como proyecto demostrativo en el municipio de Fortul departamento de Arauca.

**Osornio, 2008.** Efectividad de tres sustancias húmicas de leonardita en la calidad de Avena forrajera (*Avena sativa* L.). 15 p.

**Peña R. A., Gonzáles CF., Núñez, HG., Jiménez G. C., 2004.** Aptitud combinatoria De líneas de Maíz para alta Producción y Calidad Forrajera. Rev. Fitotec, México, pp. 1-6.

- Perulactea. 2014.** Parámetros para Evaluar la Calidad de Los Forrajes. Obtenido de Perulactea: Consulta 05 de diciembre del 2020.  
<http://www.perulactea.com/2014/12/05/parametros-para-evaluar-la-calidad-de-los-forrajes/>
- Reta, S. D. G., J. S. Carrillo., A. Gaytán, M., E. Castro. M., Y J. A. Cueto, W. 2002.** Guía para Cultivar Maiz Forrajero en Surcos Estrechos. Junio 2002. CELALA-INIFAP, Matamoros, Coah. 24 pp.
- Robles S. R., 1983.** Producción de Granos y Forrajes 5a edición, México, pp.76-77.
- Robles S., R. 1990.** Maíz. Producción de Granos y Forrajes. Quinta Edición. LIMUSA. Mexico. Pp.9-52.
- Rojas, P. L., Briones, S. 2001.** Diseño y Operación de Sistemas de Riego. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 152 p.
- SAGARPA, 2011.** Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Manual de Plagas y Enfermedades en Maíz. 45 p.
- Sánchez, 2015.,** Análisis de crecimiento de genotipo del maíz de valles altos en Competencia con maleza. 38 p.
- Scheneiter, y Carrete, J. 2004.** Aspectos agronómicos del maíz para silaje. IDIA XXI (IV) N° 6. Buenos Aires. Cereales: 134-140.
- Smith, M.E. y Paliwal, R.L. 1996.** Contributions of genetic resources and biotechnology to sustainable productivity increases in maize. In: K. Watanabe.
- Turrent-Fernández A, T A Wise, E Garvey 2012.** Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México. Mex. Rural Develop. Res. Rep. 24:1-36.
- Villaseca, S., & Novoa SA, R. 1987.** Requerimientos de suelo y clima del maíz. Investigacion y Progreso Agropecuario La Platina. E. Pehu, eds.



Plant biotechnology and plant genetic resources for sustainability and productivity. Austin, TX, USA, R.G. Landes and Academic Press. (In press).

**Zaragoza, 2012.** Recomendaciones de productos “SEPHU” en el cultivo de maíz. 8 p.

## VII. ANEXOS

**Cuadro 1.** Rendimiento total y por componente morfológico (kg MS ha<sup>-1</sup>) del híbrido AN-447 de maíz (*Zea mays* L.) cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.

| Componente     | Días después de la siembra     |                                |                     |                     | Promedio           | Pr > F | EEM  | DMS  |
|----------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------|------|------|
|                | 80                             | 95                             | 110                 | 125                 |                    |        |      |      |
| Lamina         | 3501 <sup>ABa</sup>            | 3297 <sup>Aa</sup>             | 2679 <sup>Ba</sup>  | 207 <sup>Cb</sup>   | 2421 <sup>B</sup>  | 0.0032 | 787  | 1737 |
| Vaina          | 1581 <sup>BCDa</sup>           | 1311 <sup>CDa</sup>            | 1314 <sup>Ba</sup>  | 1311 <sup>Ca</sup>  | 1379 <sup>BC</sup> | 0.4516 | 297  | 655  |
| Tallo          | 5277 <sup>Aa</sup>             | 5637 <sup>BCa</sup>            | 7626 <sup>Aa</sup>  | 5136 <sup>Ba</sup>  | 5919 <sup>A</sup>  | 0.2551 | 1841 | 4065 |
| Materia muerta | 0 <sup>Db</sup>                | 429 <sup>Db</sup>              | 357 <sup>Bb</sup>   | 3840 <sup>Ba</sup>  | 1157 <sup>BC</sup> | <.0001 | 434  | 958  |
| Inflorescencia | 453 <sup>CDa</sup>             | 471 <sup>Da</sup>              | 423 <sup>Ba</sup>   | 594 <sup>Ca</sup>   | 485 <sup>C</sup>   | 0.6906 | 235  | 520  |
| Fruto          | 2436 <sup>B<sup>Cc</sup></sup> | 6222 <sup>B<sup>bc</sup></sup> | 7131 <sup>Ab</sup>  | 11946 <sup>Aa</sup> | 6934 <sup>A</sup>  | 0.0030 | 2032 | 4486 |
| Total          | 13248 <sup>c</sup>             | 17367 <sup>bc</sup>            | 19530 <sup>ab</sup> | 23034 <sup>a</sup>  | 18295              | 0.0006 | 1938 | 4279 |
| Pr > F         | <.0001                         | <.0001                         | <.0001              | <.0001              | <.0001             |        |      |      |
| EEM            | 914                            | 1907                           | 1352                | 846                 | 666                |        |      |      |
| DMS            | 2101                           | 4383                           | 3107                | 1945                | 1530               |        |      |      |

Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia ( $p \leq 0.05$ ); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia ( $p \leq 0.05$ ); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.

**Cuadro 2.** Aportación de los componentes morfológicos (%) al rendimiento total del híbrido AN-447 de maíz (*Zea mays* L.) cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.

| Componente     | Días después de la siembra |                    |                   |                  | Promedio        | Pr > F | EEM    | DMS   |
|----------------|----------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-----------------|--------|--------|-------|
|                | 80                         | 95                 | 110               | 125              |                 |        |        |       |
| Lamina         | 28 <sup>Aa</sup>           | 20 <sup>ABab</sup> | 14 <sup>Bb</sup>  | 1 <sup>Cc</sup>  | 16 <sup>B</sup> | 0.0003 | 4.236  | 9.352 |
| Vaina          | 12 <sup>CDa</sup>          | 8 <sup>Bab</sup>   | 7 <sup>BCab</sup> | 6 <sup>Cb</sup>  | 8 <sup>C</sup>  | 0.1145 | 2.517  | 5.558 |
| Tallo          | 40 <sup>Aa</sup>           | 32 <sup>Aa</sup>   | 38 <sup>Aa</sup>  | 23 <sup>Ba</sup> | 33 <sup>A</sup> | 0.2324 | 8.881  | 19.60 |
| Materia muerta | 0 <sup>Db</sup>            | 3 <sup>Bb</sup>    | 2 <sup>Cb</sup>   | 17 <sup>Ba</sup> | 6 <sup>C</sup>  | 0.0001 | 2.625  | 5.796 |
| Inflorescencia | 4 <sup>CDa</sup>           | 3 <sup>Ba</sup>    | 2 <sup>BCa</sup>  | 3 <sup>Ca</sup>  | 3 <sup>C</sup>  | 0.5462 | 1.916  | 4.230 |
| Fruto          | 17 <sup>BCb</sup>          | 34 <sup>Aab</sup>  | 36 <sup>Aab</sup> | 49 <sup>Aa</sup> | 34 <sup>A</sup> | 0.0683 | 11.272 | 24.88 |
| Total          | 100                        | 100                | 100               | 100              | 100             |        |        |       |
| Pr > F         | <.0001                     | 0.0011             | <.0001            | <.0001           | <.0001          |        |        |       |
| EEM            | 6.523                      | 8.899              | 5.080             | 4.089            | 2.340           |        |        |       |
| DMS            | 14.98                      | 20.44              | 11.67             | 9.394            | 5.376           |        |        |       |

Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia ( $p \leq 0.05$ ); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia ( $p \leq 0.05$ ); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.