

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO**



Rendimiento de forraje de tres genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en el sureste de Coahuila

Presentado por:

**YULISA ESTELA URBANO DIAZ**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

**TERMINAL CIENCIAS DEL SUELO Y PRODUCCIÓN**

Buenavista, Saltillo, Coahuila México, Mayo 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Rendimiento de forraje de tres genotipos de maíz

(*Zea mays* L.) en el sureste de Coahuila

por:

**YULISA ESTELA URBANO DIAZ TESIS**

PROFESIONAL:

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

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

**TERMINAL CIENCIAS DEL SUELO Y PRODUCCIÓN**

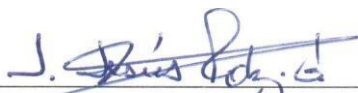
Aprobada por el comité de asesoría:



M. C. Fidel Maximiano Peña Ramos



Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez



Dr. José de Jesús Rodríguez Sahagún



M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala

Coasesor

Coasesor



M. C. Sergio Sánchez Martínez

Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Mayo 2023

## DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, Mayo 2023.

### DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado "**Rendimiento de forraje de tres genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en el sureste de Coahuila**" es de mi exclusiva autoría por lo que juro bajo protesta decir la verdad que 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.

Por lo expuesto, me responsabilizo de las consecuencias que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del trabajo de investigación y en caso de comprobarse plagio en el texto o que no se respetaron los derechos de autor asumo las consecuencias y sanciones del comité editorial y/o legales a las que haya lugar, quedando, por lo tanto, anulado el presente documento académico sin derecho a la aprobación de este, ni a un nuevo envío.

Yulisa Estela Urbano Diaz



---

NOMBRE

FIRMA

## RESUMEN

El maíz (*Zea Mays* L.) es una gramínea que se utiliza como alimento humano, para ganado y para uso industrial. El objetivo de este estudio fue determinar la productividad de forraje de tres genotipos de maíz cosechado a diferentes estados fenológicos, en el ciclo primavera-verano, en el área experimental el Bajío de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. Se usó un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres repeticiones donde se establecieron tres híbridos HS-2, AN-456 y AN-447. Se evaluó Rendimiento de Materia Seca (RMS), Composición Morfológica (CM), Relación Hoja Tallo (R:H/T), y se hizo un análisis de varianza con el software Statistical Analysis Systems (SAS) versión 9.1 (SAS Institute Inc., 2004; Zambrano, 2016) y una comparación de medias con la prueba Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). En promedio a los 112 Días Después de la Siembra (DDS), la planta expresó el mayor RMS con 39,278 kg MS ha<sup>-1</sup> y el menor a los 14 DDS con 55 kg MS ha<sup>-1</sup>. Solo a los 28 y 42 DDS presentaron diferencia entre híbridos, donde AN-456, sobresalió con 828 y 2,140 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En la hoja, se encontró diferencia significativa a los 28 y 42 DDS donde AN-456 obtuvo el mayor rendimiento con 492 kg MS ha<sup>-1</sup>, y AN-447 obtuvo el menor rendimiento con 74 kg MS ha<sup>-1</sup>, y HS-2 obtuvo 277 kg MS ha<sup>-1</sup>, a los 28 DDS; a los 42 DDS de igual manera el AN-456 obtuvo el mayor rendimiento con 1200 kg MS ha<sup>-1</sup>, y AN-447 obtuvo el menor rendimiento con 107 kg MS ha<sup>-1</sup>, y HS-2 obtuvo 933 kg MS ha<sup>-1</sup>, a los 42 DDS. En porcentaje se encontró diferencia significativa a los 70 DDS donde HS-2 y AN-456 presentaron la menor aportación con 42 % respectivamente, mientras AN-447 obtuvo el mayor rendimiento con 55 %. En el tallo se encontró diferencia significativa a los 42 DDS donde el AN-447 obtuvo el menor rendimiento con 189 kg MS ha<sup>-1</sup> y AN-456 obtuvo el mayor rendimiento con 589 kg MS ha<sup>-1</sup>, y HS-2 obtuvo 440 kg MS ha<sup>-1</sup>. En porcentaje no hubo diferencia significativa entre los híbridos. En la vaina se encontró diferencia a los 56 y 70 DDS donde AN-456 obtuvo el mayor rendimiento con 973 kg MS ha<sup>-1</sup> y AN-447 400 kg MS ha<sup>-1</sup> a los 56 DDS, a los 70 DDS HS-2 y AN-456 obtuvieron el mayor promedio con 1733 kg MS ha<sup>-1</sup> y AN-447 fue menor con 1000 kg MS ha<sup>-1</sup>, en porcentaje AN-456 obtuvo el mayor rendimiento con 20 % y AN-447 el

menor con 11 % a los 56 DDS. En el fruto, material muerto e inflorescencia no hubo diferencia significativa en ninguno de los híbridos. En conclusión, el híbrido AN-456 fue el que presentó el mejor rendimiento en las variables evaluadas.

**Palabras clave:** *Zea mays*, Rendimiento de Materia Seca, Composición Morfológica, Relación hoja tallo.

## ABSTRAC

Maize (*Zea Mays L.*) is a grass that is used as human food, for livestock and for industrial use. The objective of this study was to determine the productivity of maize forage of three genotypes harvested at different phenological stages, in the springsummer cycle, in the Bajío experimental area of the Antonio Narro Autonomous Agrarian University, Saltillo, Coahuila. A completely randomized block experimental design was used with three repetitions where three hybrids HS-2, AN-456 and AN-447 were established. Dry Matter Yield (RMS), Morphological Composition (CM), Leaf Stem Ratio (R: H/T) was evaluated, and an analysis of variance was made with the Statistical Analysis Systems (SAS) software version 9.1 (SAS Institute Inc., 2004; Zambrano, 2016) and a comparison of means with the Tukey test ( $\alpha=0.05$ ). On average at 112 Days After Sowing (DDS), the plant expressed the highest RMS with 39,278 kg DM ha<sup>1</sup> and the lowest at 14 DDS with 55 kg DM ha<sup>-1</sup>. Only at 28 and 42 DAS did they present a difference between hybrids, where AN-456 stood out with 828 and 2,140 kg DM ha<sup>1</sup>, respectively. In the leaf, a significant difference was found at 28 and 42 DAS where AN-456 obtained the highest yield with 492 kg DM ha<sup>-1</sup>, and AN-447 obtained the lowest yield with 74 kg DM ha<sup>-1</sup>, and HS-2 obtained 277 kg DM ha<sup>-1</sup>, at 28 DAS; At 42 DAS, in the same way, AN-456 obtained the highest yield with 1200 kg DM ha<sup>-1</sup>, and AN-447 obtained the lowest yield with 107 kg DM ha<sup>-1</sup>, and HS-2 obtained 933 kg DM ha<sup>-1</sup>. , at 42 DAS. In percentage, a significant difference was found at 70 DAS where HS-2 and AN-456 presented the lowest contribution with 42% respectively, while AN447 obtained the highest yield with 55%. In the stem, a significant difference was found at 42 DAS where AN-447 obtained the lowest yield with 189 kg DM ha<sup>-1</sup> and AN-456 obtained the highest yield with 589 kg DM ha<sup>-1</sup>, and HS-2 obtained 440 kg. DM ha<sup>-1</sup>. In percentage there was no significant difference between the hybrids. In the pod, a difference was found at 56 and 70 DAS where AN-456 obtained the highest yield with 973 kg DM ha<sup>-1</sup> and AN-447 400 kg DM ha<sup>-1</sup> at 56 DAS, at 70 DAS HS-2 and AN-456 obtained the highest average with 1733 kg DM ha<sup>-1</sup> and AN-447 was lower with 1000 kg DM ha<sup>-1</sup>, in percentage AN-456 obtained the highest yield with 20 % and AN-447 the lowest with 11% at 56 DAS. In the fruit, dead material and inflorescence there was

no significant difference in any of the hybrids. In conclusion, the hybrid AN-456 was the one that presented the best performance in the evaluated variables.

**Keywords:** Zea mays, Dry Matter Yield, Morphological Composition, Leaf-stem ratio.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios

Primeramente, quiero agradecerle Dios mío por las muchas y grandes bendiciones que he recibido día a día, por acompañarme en cada momento de mi vida, quien con su infinito amor me ha guiado y dado la fortaleza en los momentos más difíciles y por permitirme llegar hasta este punto en la culminación de mi carrera profesional y gracias por hacer mis sueños realidad y mostrarme que con su ayuda se pueden lograr muchas cosas.

A mis padres

Quiero agradecerles por apoyarme siempre y haberme dado la herencia más grande en la vida que es la “educación” porque me dieron la oportunidad de desarrollarme y tener una profesión.

A mi alma mater

Por abrirme sus puertas, por haberme acogido durante estos 5 años y darme la oportunidad de formarme como profesionista y mejorar como persona y darme la oportunidad de escalar un peldaño más en esta formación académica y profesional. Agradezco por los conocimientos que aquí encontré, y por darme la oportunidad de sentirme parte de tan prestigiada institución de la cual me siento orgullosa.

A mis asesores de tesis

Al M.C. Fidel Maximiano Peña, Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez Ramos, Dr. José de Jesús Rodríguez Sahagún y M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala quienes me brindaron todo el apoyo posible, por su tiempo, paciencia y por haberme brindado sus conocimientos y por su colaboración para la culminación de este trabajo de investigación.



## DEDICATORIA

A mi Padre

**Cornelio Urbano Mariscal** que lo amo y yo sé que no confiaba en mí, pero con esfuerzo y dedicación le demostré que también las mujeres podemos salir adelante y es de humanos equivocarnos y consecuente de eso me motivo para que siguiera adelante, gracias papi por todo lo que hiciste cuando era una bebe y todo lo que ha hecho por mi estoy muy orgullosa de ser su hija.

A mi Madre

**Araceli Diaz Lopez** que la amo demasiado y que le agradezco por ser la mejor madre del mundo gracias por darme la vida, usted siempre ha estado cuando lo he necesitado, en los buenos y en los malos momentos, gracias por ese amor incondicional, por educarme, por sus consejos, por inculcarme valores como la humildad, por sus sacrificios y esfuerzo que tuvo que hacer constantemente que me ha permitido ser una mejor persona, de usted aprendí a luchar por mis sueños, vencer mis miedos y salir adelante, de no ser por ti mamita no hubiera llegado hasta donde estoy hoy en día ya que usted fue importantísima en el desarrollo y conclusión de mi carrera.

Gracias por todo papá, mamá estoy segura que nunca podré pagarles por todo lo que han hecho por mí, son los mejores padres y este logro es para ustedes para que siempre se sientan orgullosos de mí.

A mis Hermanos

**Mario Alexander Urbano Diaz y Rubí Araceli Urbano Diaz** Hermanos comparto mi inmensa dicha de haber alcanzado este logro, espero y ustedes cumplan los suyos no

importa si no es una carrera profesional, que sea lo que ustedes amen y deseen con anhelo, es por eso por lo que tenemos que luchar siempre.

Quiero agradecerles por todo ese apoyo incondicional que me han dado, por estar conmigo en los buenos y malos momentos que hemos vivido y por darme ánimos para salir adelante a lo largo de mi carrera profesional, este logro no solo es mío sino también de ustedes, son los mejores hermanos del mundo. Los quiero mucho.

A mi Hija

**Allison Mirelsa López Urbano** Por ser lo más valioso que tengo en la vida eres mi princesa hermosa y estoy muy orgullosa de que dios me diera la dicha de ser madre de una niña tan preciosa como tú, te agradezco todo lo que me enseñas día a día me haces ver el lado dulce y no lo amargo de la vida, gracias por ser tan cariñosa conmigo me haces muy feliz. Tú has sido mi motor la que me impulsa a seguir luchando por lo que más quiero, la que me da las fuerzas necesarias para nunca rendirme, tú eres mi inspiración y mi motivación más grande para realizar este proyecto de tesis todo lo que logre es por ti para que en un futuro tú te sientas orgullosa de mí y digas mi mami es una profesional.

Gracias por todo bebe, te amo demasiado.

A mi Esposo

**Luis Edilberto López Vargas** A quien amo demasiado y que agradezco infinitamente por todo el apoyo que me brindaste a lo largo de mi carrera profesional y más cuando pensaba en rendirme tú me diste esos ánimos que necesitaba, me dijiste las palabras adecuadas que quería escuchar para seguir de pie y no abandonar mis sueños, me decías contantemente que lo lograría perfectamente.

Gracias amor por estar a mi lado en todo momento y tenerme tanta paciencia para aguantar mis malos humores. Tú me ayudaste hasta donde te era posible incluso más

que eso. Gracias por ser mi compañero de vida, mi amigo a quien puedo contarle todo, gracias por ser tan amoroso conmigo. TE AMO.

A mis sobrinos

**Dominick Alexander, Araceli Samay y Catherine Ariana** Con mucho cariño a mis pequeños sobrinos gracias por llenarme de alegría a mí y a la familia y espero ser una la tía de la cual se sientan orgullosos de mí. Los quiero mucho.

A mi cuñada

**Kandi Lescieur López** Gracias cuñis por todo el apoyo que me has brindado a lo largo de mi carrera, gracias por confiar en mí y por compartir momentos de felicidad en familia. Y créeme eres una persona que aprecio mucho y que te he llegado a querer como la hermana que nunca tuve.

A mi cuñado

**Roberto Lopez Vargas** a pesar de no tener mucho tiempo perteneciendo a la familia ya han pasado muchas cosas buenas y espero que sean por muchos años más.

A mis amigos

A Juanita, Patito, Nayeli, Sabdiel, Luis Alberto, les agradezco por el apoyo que me brindaron a lo largo de mi formación profesional, gracias amigos por estar conmigo en las buenas y las malas, siempre los llevaré en mi corazón por las grandes personas que son, los quiero mucho amigos.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>7</b>
1. 1 OBJETIVOS .....	9
1.1. 1 Objetivo general .....	9
1. 1. 2 Objetivo específicos .....	9
1. 2 HIPÓTESIS .....	9 <b>II.</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>10</b>
2. 1 Antecedentes e Importancia Del Maíz .....	10
2. 2 Descripción del maíz .....	11
2. 2. 1 Clasificación taxonómica .....	11
2. 2. 2 Descripción botánica .....	11
2. 3 Condiciones edafoclimáticas del maíz .....	14
2. 3. 1 Suelo .....	14
2. 3. 2 Clima .....	15
2. 3. 3 Requerimientos hídricos .....	15
2.3. 4 Riegos .....	15
2. 4 Fertilización .....	16
2. 4. 1 Nitrógeno .....	16
2. 4. 2 Fosforo .....	16
2. 4. 3 Potasio .....	17
2. 5 Híbridos utilizados .....	17
2. 5. 1 Híbrido HS-2 .....	17
2. 5. 2 Híbrido AN-456 .....	18
2. 5. 3 Híbrido AN-447 .....	19 <b>III.</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>

3. 1 Localización del experimento .....	21
3. 2 Características del sitio experimental .....	22
3. 2. 1 Tipo de suelo .....	22
3. 3 Labores culturales .....	22
3. 3. 1 Preparación del terreno .....	22
3. 3. 2 Siembra .....	22
3. 3. 3 Riego .....	23
3. 3. 4 Fertilización .....	23
3. 3. 5 Deshierbe.....	23
3. 3. 6 Plagas .....	23
3. 3. 7 Muestreos .....	24
3. 4 Diseño experimental .....	24
3. 5 Variables evaluadas .....	24
3. 5. 1 Rendimiento de forraje .....	24
3. 5. 2 Composición morfológica (CM) .....	25
3. 5. 3 Relación: Hoja/Tallo .....	25
3. 6 Análisis estadísticos .....	26 IV.
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>27</b>
4. 1 Análisis de suelo .....	27
4.1. 1 Suelo CAMBORTHIDS .....	27
4. 1. 2 Caracterización del suelo CAMBORTHIDS .....	28
4. 1. 3 Clasificación del suelo CAMBORTHID .....	29
4. 1. 4 Suelo HAPLARGID.....	30
4. 1. 5 Caracterización del suelo HAPLARGID .....	31
4. 1. 6 Clasificación del suelo HAPLARGID .....	32
4. 2 Rendimiento de forraje .....	32
4. 3 Composición morfológica .....	34

4. 4. Relación: Hoja/Tallo .....	38
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>40</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>41</b>
<b>VII. ANEXOS .....</b>	<b>46</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación taxonómica del maíz ( <i>Zea mays</i> L.) .....	11
<b>Cuadro 2.</b> Características agronómicas del Híbrido HS-2 .....	18
<b>Cuadro 3.</b> Características agronómicas del híbrido AN-456 .....	19
<b>Cuadro 4.</b> Características agronómicas del híbrido AN-447 .....	20
<b>Cuadro 5.</b> Análisis físico-químico CAMBORTHIDS .....	27
<b>Cuadro 6.</b> Análisis físico-químico del suelo HAPLARGIDS .....	30
<b>Cuadro 7.</b> Rendimiento de materia seca (kg MS ha <sup>-1</sup> ) de tres híbridos de maíz, cosechados a diferentes edades de la planta en el ciclo primavera- verano 2021. ....	33
<b>Cuadro 8.</b> Relación hoja tallo (R:H/T) de maíz de tres híbridos de maíz, cosechados a diferentes edades, en el ciclo primavera-verano 2021. ....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación del experimento .....	21
<b>Figura 2.</b> Cambios en la composición morfológica del cultivo del maíz de los híbridos HS-2, AN-456 y AN-447, cosechado a diferentes edades de la planta en el ciclo primavera-verano 2021. ....	36

## INDICE DE ANEXOS

<b>Cuadro 1.</b> Rendimiento de materia seca, Relación: hoja/tallo y altura (kg MS ha <sup>-1</sup> ) de tres híbridos de maíz, cosechado a diferentes edades en el ciclo primavera verano .....	46
<b>Cuadro 2.</b> Rendimiento de hoja, tallo y vaina (kg MS ha <sup>-1</sup> ) de tres híbridos de maíz, cosechado a diferentes edades de la planta en el ciclo primavera-verano 2021 .....	47
<b>Cuadro 3.</b> Aportación de hoja, tallo y vaina de maíz en (%) de tres híbridos de maíz, cosechado a diferentes edades de la planta en el ciclo primavera-verano 2021 .....	48
<b>Cuadro 4.</b> Rendimiento de material muerto, inflorescencia y fruto (kg MS ha <sup>-1</sup> ) de tres híbridos de maíz, cosechados a diferentes edades de la planta en el ciclo primavera-verano 2021 .....	49
<b>Cuadro 5.</b> Aportación del material muerto, inflorescencia y fruto (%) de tres híbridos de maíz, cosechado a diferentes edades de la planta en el ciclo primavera- verano 202.....	50



## I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L), originario de México y Centroamérica es una de las especies cultivadas más productivas y tiene gran importancia económica, histórica y social a nivel mundial por su rol alimentario, ya sea como alimento humano o para el ganado, e incluso como fuente de un gran número de productos industriales (Paliwal *et al.*, 2001). Alrededor del 65% de esta producción se utiliza para alimentación animal, ya sea directamente o como parte de alimento procesado. Además, en regiones de América Central y Sudamérica, África, sudeste asiático y China constituye un alimento básico para las personas. El grano de este cereal también tiene una gran cantidad de usos industriales, como por ejemplo la producción de almidón, edulcorantes, alcohol, jarabes, acetona, aceites, entre otros (ILSI, 2006).

Por otro lado, la superficie mundial dedicada al cultivo del maíz durante el año 2014 fue de 175 millones de hectáreas, cuya producción alcanzó los 994 millones de toneladas (Maluenda, 2015). En México el cultivo de Maíz es de gran importancia, debido a que se utiliza para consumo humano y animal. En el caso del consumo animal, se utiliza como forraje fresco, ensilado o rastrojo, destinando su uso principalmente en la época de estiaje (Luna *et al.*, 2013). En las cuencas lecheras de México el ensilado de maíz se utiliza comúnmente en la alimentación del ganado lechero, puede constituir de 30 a 40% de la ración, en base seca, de vacas en producción (González *et al.*, 2005). En 2017 se sembraron en el país 598 167 ha, se cosecharon 573 034 ha y se obtuvieron 16, 261, 864 toneladas de forraje, con un rendimiento promedio de 28.4 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2017). En términos de rendimiento, las variedades mejoradas han mostrado ser notablemente superiores a las nativas (Turrent *et al.*, 2012). El valor nutritivo del ensilado de maíz depende del híbrido empleado, la densidad de plantación utilizada, condiciones de crecimiento, grado de madurez y humedad al momento de cosecha y de las condiciones de ensilaje (Satter y Reiss 2012). Debido a lo anterior en este trabajo de investigación se desea conocer cuál de los tres híbridos utilizados es el mejor en cuanto a rendimiento de forraje

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo general**

- ✓ Determinar la producción de forraje de tres genotipos de maíz cosechado a diferentes estados fenológicos.

### **1.1.2 Objetivo específicos**

- ✓ Evaluar el rendimiento de forraje, altura de planta y relación hoja: tallo de tres genotipos de maíz (*Zea mays* L.) cosechado a diferentes estados fenológicos.
- ✓ Identificar cuál de los tres genotipos utilizados produce el mejor rendimiento de forraje y relación hoja:tallo.

## **1.2 Hipótesis**

Al menos uno de los genotipos dará mayor rendimiento de forraje y relación hoja:tallo

.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Origen**

El origen del maíz se ubica en Mesoamérica (entre las regiones montañosas de Guatemala y México), siendo los Andes Centrales el segundo centro de diversificación (Tapia y Fries, 2007; citado por Acosta, 2009). Aunque se ha dicho y escrito mucho

acerca del origen del maíz, todavía hay discrepancias respecto a los detalles de su origen. La evidencia más antigua del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos en México donde algunas pequeñas mazorcas de maíz estimadas en más de 5 000 años de antigüedad fueron encontradas en cuevas de los habitantes primitivos. Las varias teorías relacionadas con el centro de origen del maíz se pueden resumir en la siguiente forma: 1) una forma de maíz silvestre, 2) un teocintle silvestre, 3) un antepasado desconocido (ni maíz silvestre ni teocintle). Durante los años 70, la idea más aceptada era la del maíz silvestre como ancestro de la forma doméstica. Sin embargo, en los años 80 la teoría más sostenida en este sentido es la del teocintle como progenitor del maíz. En la actualidad, aún el origen del maíz no se encuentra definido y existen amplias investigaciones en este sentido (Paliwal, 2001; citado por Acosta, 2009).

## **2.2 Importancia del cultivo de maíz**

El maíz fue cultivado por los agricultores hace aproximadamente 7,000 años (Paliwal, 2001; Salvador, 2001). Y en todo el mundo es el cultivo más importante (SIAP, 2007). Según datos de 2012, el maíz se cultiva en unos 177 millones de hectáreas, produciendo unos 872 millones de toneladas, con un rendimiento de 49164 kg/ha (FAOSTAT, 2012). Por otro lado, el consumo *per capita* de maíz en México es aproximadamente 10 veces mayor que el de Estados Unidos de América (Serna y Amaya, 2008). Este cereal cubre poco más de la mitad de la superficie agrícola sembrada, con aproximadamente 7.5 millones de hectáreas (SIAP, 2011), principalmente en las zonas sub-húmeda tropical y templada húmeda (Ovando y Sánchez, 2009).

El maíz goza de gran importancia económica mundial ya sea como alimento humano, para el ganado o como materia prima de un gran número de productos industriales. Cerca del 40 % del maíz producido en los países tropicales se usa para la alimentación animal, concretamente para ganado y establecimientos avícolas (Paliwal, 2001 c). En cultivo para la producción de forraje, el maíz ha mostrado

excelentes características de palatabilidad y en consecuencia un alto consumo por el ganado. Es uno de los mejores cultivos para ensilar, ya que reúne muy buenas condiciones de valor nutritivo, alto contenido en azúcares y alto rendimiento por unidad de área (Peñagaricano *et al.*, 1986).

Elizondo y Boschini (2001) señalan que el maíz se usa como alimento pecuario de diferentes maneras: para la obtención de grano, para su ensilaje, pastoreo y forraje. El maíz es una fuente importante de forraje para la alimentación animal. Además de ser un cultivo de bajo costo, es un alimento de buena calidad y es uno de los mejores cultivos para ensilar. Además de ser muy aceptado y digestible para los animales rumiantes, éste proporciona una gran cantidad de principios nutritivos (Amador y Boschini, 2000). Su utilidad y excelente valor alimenticio, están ampliamente documentados para la alimentación de ganado lechero (Cox y Cherney, 2005). También se destaca el rol energético del maíz, tanto de la producción de bioetanol de primera como de segunda generación, a partir de sus granos con alto contenido en almidón, como del resto de la planta con alto contenido en componentes lignocelulósicos respectivamente (Bragachini *et al.*, 2014).

## 2. 3 Descripción del maíz

### 2. 3. 1 Clasificación taxonómica

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica del maíz (*Zea mays* L.)

---

Reino:	Plantae
División:	Angiospermae (Magnoliophyta)
Subdivisión:	Pterapsidae

Clase:	Liliopsida
Subclase:	Monocotiledóneas
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Panicoideae
Tribu:	Maydeae (Andropogoneae)
Genero:	Zea
Especie:	<i>Zea mays</i> L.

---

Fuente: Fernández (2009)

### 2. 3. 2 Descripción botánica

**Raíz:** Las raíces del maíz son fasciculadas, formadas por tres tipos: (1) las raíces primarias o seminales que se desarrollan a partir de la radícula de la semilla a la profundidad que ha sido sembrada; (2) las raíces principales o secundarias que comienzan a formarse a partir de la corona, por encima de las raíces primarias y (3) las raíces aéreas o adventicias que nacen en los nudos de la base del tallo por encima de la corona, constituyen el principal sistema de fijación de la planta y además absorbe agua y nutrientes.

**Tallo:** Está constituido por un eje vertical sólido, alargado y cilindro-cónico, terminando en un penacho que constituye la inflorescencia masculina o panoja; también presenta nudos y entrenudos, siendo más cortos en la base y más largos a medida que se alejan de ella. En la parte inferior de los nudos se encuentran localizados los primordios radicales, las que dan origen a las raíces adventicias, especialmente en los nudos que se encuentran más próximos al suelo. En la parte superior de los nudos del tallo nacen las hojas, las cuales son envoltentes, lanceoladas y liguladas, formada por vainas que cubren completamente el entrenudo con nervaduras paralelas (Manrique, 1997).

**Hoja:** El maíz tiene la hoja similar a la de otras gramíneas; está constituida de vaina, cuello y lámina. La vaina es una estructura cilíndrica, abierta hasta la base, que sale de la parte superior del nudo. El cuello es la zona de transición entre la vaina envolvente y la lámina abierta. La lámina es una banda angosta y delgada hasta de 1.5 m de largo por 10 cm de ancho, que termina en un ápice muy agudo. El nervio central está bien desarrollado, es prominente en el envés de la hoja y cóncavo en el lado superior (Ortigoza *et al.*, 2019).

**Inflorescencia:** El maíz es una planta monoica cuyas flores masculinas y femeninas están presentes en la misma planta. Las flores masculinas nacen antes que las femeninas en la punta de los tallos. Las flores femeninas se desarrollan en la axila de las hojas en el punto medio del tallo, y se agrupan en filas a lo largo de un raquis grueso, cilíndrico, esponjoso y alveolado. Las flores femeninas presentan un largo estilo de 15 cm que salen hasta el final de las brácteas y son primero verdes y luego rojizos al llegar a la madurez (esto depende de genes de color dominantes o recesivos de antocianina) y se conocen como sedas, barbas de maíz, pelos de choclo o cabellos de elote (Manrique, 1997).

**Grano:** El fruto es indehiscente, cada grano se denomina cariósipide, no presentando latencia la semilla. El pericarpio está fundido con la testa de la semilla formando la pared del fruto. El fruto maduro consta de pared, embrión diploide y endospermo triploide. El pericarpio constituye alrededor del 5 a 6 % de peso total del grano, la aleurona en torno al 2 o 3 %, el embrión alrededor del 12-13%, y el endospermo, mayoritario, presenta unos valores en torno al 80-85%. El resto lo constituye la piloriza que es una pequeña estructura cónica encargada junto con el pedicelo de unir el grano a la espiga (Paliwal, 2001).

La forma y el color de las semillas varía según la variedad, hay blancas, amarillas, rojo, púrpura, morado, entre otros. Las propiedades físicas y químicas del contenido de sustancias de reserva de las semillas determinan grandes variaciones en el tamaño de éstas (Gispert y Álvarez, 1998; citado por Fernandez, 2009).

## **2. 3 Condiciones edafoclimáticas del maíz**

### **2. 3. 1 Suelo**

El maíz se puede adaptar a muchos tipos de suelo, pero en suelos de textura franca, franco-arcilloso y franco-limoso, es donde se aprecia el mejor desarrollo. El maíz se adapta muy bien a todos tipos de suelo, pero suelos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adaptan. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular (INFOAGRO, 2012).

### **2. 3. 2 Clima**

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30 °C. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20 °C El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8 °C y a partir de los 30 °C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32 °C (INFOAGRO, 2012). También la falta de humedad puede provocar excesivas pérdidas de cultivo y afectar a la polinización (MAGRAMA, 2013).

### **2. 3. 3 Requerimientos hídricos**

De acuerdo a la FAO (2002), el maíz en general, necesita por lo menos de 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo del cultivo. El maíz es muy sensible también al aniego o encharcamiento; es decir, a los suelos saturados y sobresaturados. Desde la siembra hasta aproximadamente los 15-20 días, el aniego por más de 24 horas puede dañar el cultivo (especialmente si las temperaturas son altas) debido a que el meristemo está por debajo de la superficie del suelo, en el ciclo

de cultivo, el aniego puede ser tolerado durante períodos de hasta una semana, pero se reduce considerablemente el rendimiento

### **2. 3. 4 Riegos**

El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día. Los riegos pueden realizarse por aspersión y a manta. El riego más empleado últimamente es el riego por aspersión. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua, pero sí mantener una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración. Durante la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado. Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada.

### **2. 4 Fertilización**

Tarazona (2016) menciona que las extracciones del cultivo de maíz por tonelada de cosecha son de 28-30 kg de N, 10-12 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 23-25 kg de K<sub>2</sub>O y en base a estas extracciones se calcula la dosis de abonado.

#### **2. 4. 1 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).

#### **2. 4. 2 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 preferible que sea 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) generaron aumentos en el rendimiento relativo que fluctuaron entre el 62 % a 100 %, en relación al tratamiento con el máximo rendimiento relativo.

#### **2. 4. 3 Potasio**

El K tiene un grado de mayor movilidad que el fosforo, 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. 4 Leonardita

Según Santillan (2005), Se ha considerado la búsqueda de nuevas alternativas de manejo del cultivo, al usar productos menos contaminantes como es la leonardita, donde está es amigable con el ambiente. La leonardita es una forma oxidada de lignitos de carbono, que se obtiene de materiales orgánicos fosilizados y este tipo de material se utiliza para la extracción de ácidos húmicos (Gutiérrez *et al.*, 2015). El componente orgánico del suelo, que incluye a los ácidos húmicos y fúlvicos, puede interactuar con los factores tanto climáticos como biológicos para promover una mayor productividad y desarrollo de las plantas (Zamboni *et al.*, 2006). los 2 componentes principales de la leonardita son el ácido húmico y el fúlvico, que contienen entre el 50 a 62% de carbono (Elizarrarás *et al.*, 2009). Basados en el uso de la espectroscopia infrarroja, ambos compuestos han mostrado similitud en cuando a los grupos funcionales más importantes y tipos de enlaces presentes, así como las posiciones reales de estos (López *et al.*, 2014).

#### 2. 5 Híbridos utilizados

##### 2. 5. 1 Híbrido HS-2

Este híbrido tiene una adaptación en altitud entre 2000 a 2400 metros sobre el nivel del mar (msnm). Según resultados de productores se adapta con éxito en las siguientes entidades federativas: Estado de México, Puebla, Hidalgo, Tlaxcala y el área agrícola de la Ciudad de México.

**Cuadro 2.** Características agronómicas del Híbrido HS-2

---

Tipo de híbrido	Trilineal
Tipo de grano	Blanco

Altura de la planta	270 cm
Altura de mazorca	160 cm
Ciclo vegetativo	Intermedio-tardío 150-180 días
Floración promedio	90-95 días
Días a la cosecha de grano	180 días
Acame	Resistente

---

Fuente: Carballo (2016)

Según resultados obtenidos por productores en el estado de Puebla se obtuvo un rendimiento promedio alrededor de 9 ton ha<sup>-1</sup>, se observó un rendimiento máximo de 12.8 ton ha<sup>-1</sup> y un mínimo de 6.4 ton ha<sup>-1</sup>.

### 2. 5. 2 Híbrido AN-456

Este híbrido tiene una adaptación amplia, especialmente a alturas de 1000 a 1900 metros sobre el nivel del mar (msnm). Evaluaciones técnicas, así como resultados de producción obtenidos por agricultores, demuestran que AN-456 se adapta con éxito en las siguientes entidades federativas; Aguascalientes, Coahuila, Guanajuato, Morelos, Querétaro, San Luis Potosí e Hidalgo, aunque también puede ser altamente productivo en estados con alturas diferentes indicadas. El rendimiento promedio de este híbrido es de 14 a 16 ton ha<sup>-1</sup> en grano. Tiene su mejor expresión bajo condiciones de riego, sin embargo, responde favorablemente en punta de riego y buen temporal. La distinción de este material es de porte alto con un tamaño de mazorca de 25 cm, se recomienda su utilización con doble propósito, para grano o para forraje.

### **Cuadro 3.** Características agronómicas del híbrido AN-456

Tipo de híbrido	Simple
Tipo de grano	Blanco- semicristalino
Altura de la planta	2.9 m a 3.2 m
Altura de mazorca	1.3 m a 1.5 m
Ciclo vegetativo	Intermedio- tardío
Floración promedio	90 a 95 días
Días a la cosecha de grano	150 a 160
Acame	Tolerante

---

Fuente: UAAAN (2022)

### 2. 5. 3 Híbrido AN-447

Este híbrido tiene una adaptabilidad a altitudes que oscilan entre los 1100 a 1900 metros sobre el nivel del mar (msnm). Se adapta con éxito a las entidades federativas de Aguascalientes, Coahuila, Durango, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas (Castillo, 2005; citado por Hernández, 2006).

#### **Cuadro 4.** Características agronómicas del híbrido AN-447

---

Tipo de híbrido	Triple
Tipo de grano	Blanco, semidentado
Forma de la mazorca	Cilíndrica

Altura de la planta	2.5- 3.10 m
Altura de mazorca	1.2-1.5 m
Ciclo vegetativo	Intermedio (100-115 días)
Floración promedio	85-90 días
Días a la cosecha de grano	140 a 150 días
Acame	Resistente

---

Fuente: Hernández (2006)

Según estudios realizados por (Fuentes *et al.*, 2001) el híbrido AN-447 superó los 22.06 ton ha<sup>-1</sup> de producción de forraje en base a materia seca. El AN-447 también obtuvo la mayor producción de proteína con 1879.6 kg/ha.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3. 1 Localización geográfica del área experimental

El presente trabajo experimental se realizó durante el ciclo primavera - verano del 2021, bajo condiciones de riego en la parcela perteneciente al Departamento de Ciencias del Suelo localizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Con coordenadas geográficas siguientes:  $25^{\circ} 21' 13''$  de latitud norte y  $101^{\circ} 2' 5''$  longitud oeste y una altitud de 1783 msnm.



**Figura 1.-** Mapa de localización del experimento, (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro) fuente: Google Earth, división política geoportal Conavio

### **3. 2 Características del sitio experimental**

#### **3. 2. 1 Tipo de suelo**

El día 26 de abril del 2021 se llevó a cabo un análisis físico-químico utilizando la técnica de calicata, se realizó una excavación de 2 m de largo por 1 m de ancho y 1 m de profundidad, posteriormente se procedió a hacer la limpieza y toma de muestra de cada horizonte encontrado para luego ser analizado en laboratorio y por último se llevó a cabo la interpretación del perfil. De acuerdo a los resultados obtenidos el suelo se clasifica desde franco- arcilloso a arcilloso.

### **3. 3 Labores culturales**

#### **3. 3. 1 Preparación del terreno**

La preparación del terreno se llevó a cabo con ayuda de maquinaria con una semana de anticipación, posteriormente se procedió hacer los surcos de ocho metros de longitud, un metro entre surcos.

#### **3. 3. 2 Siembra**

La siembra, se llevó a cabo el día 23 de abril del 2021 durante el ciclo primavera - verano, se colocaron una o dos semillas por cada orificio con 5 cm de profundidad a una distancia entre plantas de 20 cm tomando en cuenta una densidad de población de 120 000 plantas/ha.

#### **3. 3. 3 Riego**

Se utilizo el sistema de riego por goteo con cintilla, bajo un programa de riego de cada tercer día. Ya que el riego es muy importante para toda la etapa del cultivo, esto se logró gracias al apoyo del agua de un aljibe ubicado en el Departamento de Ciencias del Suelo. El riego por goteo subsuperficial (RGS) alcanza una de las mayores eficiencias en la aplicación del agua (95%) (Guevara *et al.*,2005).

#### **3. 3. 4 Fertilización**

Durante la etapa del cultivo se realizaron 5 aplicaciones cada 14 días, la primera aplicación se llevó a cabo el día 4 de mayo del 2021. Se aplico una mezcla a base de Leonardita 6 mL/L, emulsión 2 litros, Fosfato Monoamónico (MAP) 28.80 g, fosfonitrato (FN) 85.37 g y Nitrato de Potasio (NKS) 95.52 g al 50%, en 200 litros de agua,

aplicándose aproximadamente un litro a cada planta. Los cálculos se realizaron en base a una densidad de siembra de 120 000 plantas/ha.

### **3. 3. 5. Propiedades físicas de la Leonardita (CRISTAL) y Emulsión**

#### **3. 3. 5. 1 Leonardita**

**Descripción:** Producto altamente concentrado de ácidos húmicos y fúlvicos derivados de la leonardita que están caracterizados por ser 99 % solubles.

**Recomendaciones de uso:** Se aplica al suelo o se mezclan con los fertilizantes sólidos. Esto puede ser en pre-siembra, al momento de la siembra o después de la emergencia del cultivo. Puede ser utilizado para cualquier cultivo y es compatible con la mayoría de los fertilizantes y plaguicidas.

#### **Especificaciones:**

Nombre: AHAF-99 pH: 8 - 9

Color: Negro

Apariencia: Cristales

Tipo: Bioestimulante

Residual: no es residual

Categoría toxicológica: no aplica

Dosis de aplicación: 3 g. por litro de agua

Familia química: No aplica ácidos húmicos

Compuestos de la formulación: sustancias húmicas

#### **Composición porcentual:**

Ácidos ..... húmicos 68 %



Ácidos .....fúlvicos 31 %

Total de sustancias.....húmicas 99 %

### 3. 3. 5. 2 Emulsión

El fertilizante utilizado en este trabajo de investigación fue de la marca PHYTHAFISH

**Ingrediente activo:** Materias primas de origen marino

**Tiempo de reentrada:** No tiene restricciones de tiempo para entrada, es un producto de rápida liberación de disponibilidad inmediata para la planta. No es nocivo para el operario, el ambiente ni la fauna benéfica.

**Recomendaciones de uso:** Se recomienda para aplicaciones semanales en el ciclo de desarrollo y crecimiento del cultivo. Realizar un análisis al suelo previo y durante las aplicaciones.

**Modo y mecanismo de acción:** enriquece el suelo, actúa como un estimulador de crecimiento de la planta e incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo.

**Dosis de aplicación:** para hortalizas, cultivos anuales o de temporal aplicar de 20 a 35 litros.

### Análisis garantizado

Nitrógeno total.....4 %

Fosforo total ( $P_2O_5$ ) .....1%

Potasio Total ( $K_2O$ ) .....1%

### **3. 3. 6 Deshierbe**

Para el control de malezas se realizaron dos deshierbes el primer deshierbe se realizó el 23 de abril del 2021 y el segundo fue el 26 de mayo del 2021 esto con la finalidad de evitar la competencia de nutrientes con el cultivo y así mismo tenga un mejor desarrollo, esta labor se realizó con ayuda de un azadón.

### **3. 3. 7 Plagas**

Se aplicó Proclaim 5GS para el gusano cogollero el día 17 de mayo del 2021.

### **3. 3. 8 Muestreos**

Se realizaron 8 muestreos cada 14 días, comenzando el día 6 de mayo del 2021. Se tomaron tres plantas al azar, se etiquetaron con número de repetición y genotipo y se separaron en hoja, tallo, vaina, inflorescencia y fruto. Se pesó cada planta en verde y se sometió a una estufa para ser secada.

## **3. 4 Diseño experimental**

El área experimental usada fue de 780 m<sup>2</sup> donde se evaluaron tres genotipos HS-2, AN-456 Y AN-447 con una densidad de siembra de 120,000 plantas/ha. El área experimental estuvo formada por 12 camas de 288 plantas por cama. Se le aplicó una fertilización química al 50%, 6 mL/L de agua de leonardita y 2 litros de emulsión. Las aplicaciones fueron en 5 ocasiones, cada catorce días. Se usó un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Los muestreos se realizaron cada 14 días. La unidad experimental fueron 4 surcos de 8 metros de longitud.

### 3.5 Variables evaluadas

#### 3. 5. 1 Rendimiento de forraje

Se cortaron 3 plantas de maíz de los surcos del centro de la unidad experimental, para evitar el efecto orilla, se etiquetaron con numero de repetición y genotipo. El material recolectado marcado, se depositó en una estufa de aire forzado, marca Felisa Modelo FE-243A, para su secado a una temperatura de 55 °C, durante 72 h, hasta alcanzar un peso constante, para registrar el peso de materia seca, y su estimación en kg MS ha<sup>-1</sup>.

#### 3. 5. 2 Composición morfológica (CM)

Cada planta por repetición y genotipo cosechadas para rendimiento de forraje, fueron separadas en hojas, tallos, material muerto, inflorescencia y fruto. Posteriormente cada componente fue secado en la estufa de aire forzado a 55 °C por 72 horas, se determinó su peso seco y se estimó su aportación al rendimiento total de porcentaje (%) y en kg MS ha<sup>-1</sup>. Utilizando las siguientes formulas:

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

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

#### 3. 5. 3 Relación hoja: tallo

Los valores obtenidos a partir de la composición morfológica de hoja y tallo, de la biomasa de la planta de maíz, se utilizaron para estimar la relación hoja: tallo, la cual

se calculó dividiendo el peso seco de la hoja entre el peso seco del tallo, mediante la siguiente ecuación:

$$R = H/T$$

Donde:

- R = Relación del peso de la hoja, respecto a la del tallo
- H = Peso de la hoja (kg MS ha<sup>-1</sup>)
- T = Peso del componente tallo (kg MS ha<sup>-1</sup>)

### 3. 6 Análisis estadísticos

Para determinar el efecto de tratamientos en las variables evaluadas, bajo un diseño completamente al azar, con tres repeticiones, se llevó a cabo con el software Statistical Analysis Systems (SAS) versión 9.1 (SAS Institute Inc., 2004; Zambrano, 2016) y se hizo una comparación de medias con la prueba de Tukey (p<0.05). Se empleo el siguiente modelo estadístico:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}; i=1, 2, \dots, t; j=1, 2, \dots, n$$

Donde:

Y<sub>ij</sub>: es la observación del tratamiento i en la repetición j

μ: es la media verdadera general τ<sub>i</sub>: es el efecto del i-

ésimo tratamiento e<sub>ij</sub>: es el error experimental de la ij-

ésima observación **IV. RESULTADOS Y**

### **DISCUSIÓN**

#### **4. 1 Análisis de suelo**

El sitio donde se realizó el muestreo es una terraza erosional con uso agrícola de pendiente plana y drenaje superficial malo, no presenta salinidad y/o sodicidad, se perdió la vegetación, tiene poca presencia de fauna externa (ardillas, topos, liebres) y fauna interna (lombrices, ciempiés), material parental piedras calizas de formación aluvial y coaluvial, en etapa de desarrollo joven, drenaje interno de bueno a medio, manto freático profundo, inundación ocasional que dura 1 día.

**Cuadro 5.** Análisis físico-químico del suelo CAMBORTHIDS

<b>Parámetros</b>	<b>Ap</b>	<b>Ap<sub>2</sub></b>	<b>Bw</b>	<b>BC</b>
<b>pH</b>	7.8	7.8	7.7	7.6
<b>CE mS/cm</b>	0.35	0.556	0.318	0.286
<b>Da g/cm<sup>3</sup></b>	1.21	1.19	1.11	1.06
<b>Materia orgánica %</b>	2.044	1.66	1.063	0
<b>Arcilla %</b>	36	38	42	38
<b>Limo %</b>	36	32	32	40
<b>Arena %</b>	28	30	26	22
<b>Textura</b>	Franco arcillosa	Franco arcillosa	Arcillosa	Franco arcillosa

#### **4. 1. 1 Suelo CAMBORTHIDS**

El Conjunto Suelos se describió el 26 de abril del 2021 por Yulisa Estela Urbano Díaz y Juana Maria Linares Lugo. Su localización se encuentra en el camino hacia el bajío (UAAAN) Buenavista, Saltillo, Coahuila, en las coordenadas 25° 21' 13'' de latitud norte, 101° 2' 2.65'' de longitud oeste. Se encuentra en una terraza erosional de uso agrícola a una altitud de 1821.34 msnm con relieve plano, donde visiblemente se perdió la vegetación natural, con una precipitación media anual de 363 mm, una

temperatura media anual de, con drenaje muy lento, evidencias de erosión hídrica y material parental de naturaleza caliza.

#### **4. 1. 2 Caracterización del suelo CAMBORTHIDS**

Ap        Color gris parduzco claro en seco, pardo grisáceo oscuro en húmedo, 0-3 cm textura franco arcillosa, estructura granular bien desarrollada, poco friable en seco y húmedo, MO 2.044 %, pH 7.8; Da 1.21 g/cm<sup>3</sup>; CE 0.35 mS/cm; permeable y con límite de horizonte bien desarrollado de forma plana.

Ap<sub>2</sub>        Color gris claro en seco, pardo grisáceo en húmedo, textura franco 3-22.3 cm arcillosa, estructura bloques angulares poco desarrollados, friable en seco y húmedo, MO 1.667 %, pH 7.8, Da 1.19 g/cm<sup>3</sup>, CE 0.556 mS/cm, permeable, límite de horizonte bien definido de forma plana.

Bw        Color rojo pálido en seco, pardo amarillento en húmedo, textura 22-41.8 cm arcillosa, estructura prismática poco desarrollada, friable en seco y húmedo, MO 1.063 %, pH 7.7, Da 1.11 g/cm<sup>3</sup>, CE 0.318 mS/cm, permeable, límite de horizonte bien definido de forma plana.

BC        Color claro amarillento en seco, marrón fuerte en húmedo, textura 41.8-79.8 franco arcillosa, estructura prismática poco desarrollada, friable en cm seco y húmedo, no contiene MO, pH de 7.6, Da 1.06 g/cm<sup>3</sup>, CE de 0.286 ms/cm, permeable, límite de horizonte bien definido de forma plana.

#### **4. 1. 3 Clasificación del Suelo CAMBORTHID**

Horizonte diagnostico superficial (epipedon): Ocrico

Horizonte diagnostico subsuperficial (endopedon): Cámbico

Otras características diagnosticas: presencia de cutanes arcillosos en los endopedones, nódulos blancos y amarillos de origen (carbonatos) en los tres últimos horizontes, presencia de fragmentos rocosos de naturaleza caliza en todo el perfil, después de los 80 cm hay una capa de caliche.

Clima edáfico (regímenes): Humedad arídico      Temperatura: Térmico

El suelo puede ser clasificado en el

Orden: ARIDISOL

Suborden: ORTHIDS

Gran grupo: CAMBORTHIDS

NOTA:

Presencia de humedad en todo el perfil

#### **4. 1. 4 Suelo HAPLARGID**

El Conjunto Suelos al igual que el anterior se describió el 26 de abril del 2021 por Yulisa Estela Urbano Díaz y Juana Maria Linares Lugo. Su localización se encuentra en el camino hacia el bajío (UAAAN) Buenavista, Saltillo, Coahuila, en las coordenadas 25° 21' 13'' de latitud norte, 101° 2' 2.65'' de longitud oeste. Se

encuentra en una terraza erosional de uso agrícola a una altitud de 1821.34 msnm con relieve plano, donde visiblemente se perdió la vegetación natural, con una precipitación media anual de 363 mm, una temperatura media anual de, con drenaje lento, evidencias de erosión hídrica y material parental de naturaleza caliza.

**Cuadro 6.** Análisis físico-químico del suelo HAPLARGID

<b>Parámetros</b>	<b>Ap</b>	<b>Ap<sub>2</sub></b>	<b>Bt<sub>1</sub></b>	<b>Bt<sub>2</sub></b>
<b>pH</b>	7.7	7.8	7.9	7.9
<b>CE mS/cm</b>	0.413	0.726	0.688	0.546
<b>Da g/cm<sup>3</sup></b>	1.19	1.11	1.61	1.61
<b>Materia orgánica %</b>	4.037	3.510	2.667	2.72
<b>Arcilla %</b>	34	36	48	62
<b>Limo %</b>	34	30	26	18
<b>Arena %</b>	32	34	26	20
<b>Textura</b>	Franco arcillosa	Franco arcillosa	Arcillosa	Arcillosa

#### **4. 1. 5 Caracterización del suelo HAPLARGID**

Ap           Color gris parduzco claro en seco, pardo grisáceo oscuro en húmedo, 0-4 cm textura franco arcillosa, estructura granular bien desarrollada, poco friable en seco y húmedo, MO 4.037 %, pH 7.7; Da 1.19 g/cm<sup>3</sup>; CE 0.413 mS/cm; permeable y con límite de horizontes difuso de forma ondulada.

Ap<sub>2</sub>       Color pardo grisáceo claro en seco, pardo grisáceo en húmedo, textura



4-17 cm franco arcillosa, estructura de bloques angulares bien desarrollados, friable en seco y húmedo, MO 3.510 %, pH 7.8, Da 1.11 g/cm<sup>3</sup>, CE 0.726 mS/cm, permeable, límite de horizontes difuso de forma ondulada.

Bt<sub>1</sub> Color marrón muy pálido en seco, marrón amarillento claro en húmedo, 17- 37 cm textura arcillosa, estructura bloques angulares bien desarrollados, friable en seco y húmedo, MO 2.667 %, pH 7.9, Da 1.61 g/cm<sup>3</sup>, CE 0.688 mS/cm, permeable, límite de horizontes bien definido de forma plana.

Bt<sub>2</sub> Color marrón pálido en seco, gris claro en húmedo, textura arcillosa, 37-80 cm estructura de bloques angulares bien desarrolladas, friable en seco y húmedo, MO de 2.72 %, pH de 7.9, Da 1.61 g/cm<sup>3</sup>, CE 0.546 mS/cm, permeable, límite de horizontes de forma ondulada.

#### **4. 1. 6 Clasificación del suelo HAPLARGID**

Horizonte diagnostico superficial (epipedon): Ocrico

Horizonte diagnostico subsuperficial (endopedon): Argilico

Otras características diagnosticas: presencia de cutanes arcillosos en los endopedones, nódulos blancos de origen (carbonatos) en los tres últimos horizontes, presencia de fragmentos rocosos de naturaleza caliza en todo el perfil.

Clima edáfico (regímenes): Humedad arídico \_ Temperatura: Térmico

El suelo puede ser clasificado en el

Orden: ARIDISOL

Suborden: ARGID

Gran grupo: HAPLARGID

NOTA

\*Presencia de humedad en todo el perfil.

#### **4. 2 Rendimiento de forraje**

En el Cuadro 7, se presenta el análisis de varianza del rendimiento de maíz del ciclo primavera – verano 2021, cosechado a diferentes edades de la planta. En el rendimiento de materia seca se encontró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los híbridos a los 28 y 42 días después de la siembra donde el Híbrido AN-456 obtuvo el mayor rendimiento con  $828 \text{ kg MS ha}^{-1}$ , el menor rendimiento lo obtuvo AN-447 con  $103 \text{ kg MS ha}^{-1}$  a los 28 días DDS, a los 42 días DDS se encontró que el híbrido AN456 presentó el mayor rendimiento con  $2,140 \text{ kg MS ha}^{-1}$  y el menor rendimiento lo obtuvo AN-447 con  $890 \text{ kg MS ha}^{-1}$ . A los 14, 56, 70, 84, 98 y 112 los híbridos no presentaron diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) donde se obtuvo un promedio de aportación de 55, 4,505, 8,584, 12,141, 20,750, 39,278  $\text{kg MS ha}^{-1}$  respectivamente para cada fecha, donde tenemos que el menor rendimiento fue a los 14 DDS con  $55 \text{ kg MS ha}^{-1}$  y el mayor rendimiento fue a los 112 DDS con  $39,278 \text{ kg MS ha}^{-1}$ .

Linares (2022), reportó un comportamiento similar, mostrando un menor rendimiento al obtenido en esta investigación, donde se obtuvo el menor rendimiento de forraje a los 14 DDS con  $52 \text{ kg MS ha}^{-1}$ , mientras el mayor rendimiento se presentó a los 112 DDS con  $22,305 \text{ kg MS ha}^{-1}$ , donde se utilizó los mismos genotipos que en este experimento en el ciclo primavera-verano. Por su parte Santiago (2022), reportó un comportamiento menor al rendimiento de forraje a los 80 DDS con  $10,409 \text{ kg MS}$

ha<sup>-1</sup> y el mayor a los 125 DDS con 19, 506 kg MS ha<sup>-1</sup>, donde se utilizó el material genético NH 447.

**Cuadro 7.** Rendimiento de materia seca (kg MS ha<sup>-1</sup>) de tres híbridos de maíz, cosechados a diferentes edades de la planta en el ciclo primavera- verano 2021.

DDS	Híbridos			Pr≥F	x̄
	HS-2	AN-456	AN-447		
14	61 <sup>a</sup>	53 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	0.66	54.6
28	421 <sup>ab</sup>	828 <sup>a</sup>	103 <sup>b</sup>	0.02	-
42	1623 <sup>a</sup>	2140 <sup>a</sup>	890 <sup>b</sup>	0.007	-
56	4800 <sup>a</sup>	4980 <sup>a</sup>	3734 <sup>a</sup>	0.37	4504.6
70	7966 <sup>a</sup>	8695 <sup>a</sup>	9092 <sup>a</sup>	0.71	8584.3
84	10636 <sup>a</sup>	14155 <sup>a</sup>	11633 <sup>a</sup>	0.48	12141.3
98	19731 <sup>a</sup>	24244 <sup>a</sup>	18275 <sup>a</sup>	0.51	20750
112	38665 <sup>a</sup>	41029 <sup>a</sup>	38140 <sup>a</sup>	0.93	39278

a, b diferente literal minúscula, entre híbridos marca una diferencia significativa (P<0,05). DDS= Días Después de la Siembra.

#### 4. 3 Composición morfológica

En la Figura 2, se muestra la aportación al rendimiento en kg MS ha<sup>-1</sup> y en porcentaje, de cada componente morfológico del maíz de los híbridos HS-2, AN-456 y AN-447, cosechados a diferentes días después de la siembra (DDS). En la producción de hoja se encontró que a los 14, 28, 42, 56, 84, 98 y 112 DDS no hay diferencia estadística significativa (p>0.05) entre los tres híbridos, ya que tienen comportamientos similares donde cuentan con promedios de 72, 65, 61, 59, 43, 22 y 12 % respectivamente para cada fecha, mientras que a los 70 DDS el híbrido AN-447 obtuvo el mayor promedio de aportación con 55 % y el menor lo obtuvo el HS-2 con 42 %. En el componente hoja

se presentó diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) a los 28 y 42 días donde podemos observar que a los 28 DDS el híbrido AN-456 obtuvo el mayor rendimiento con 492 kg Ms ha<sup>-1</sup> y el menor lo obtuvo el híbrido AN-447 con 74 kg Ms ha<sup>-1</sup> a los 42 DDS hay comportamiento similar donde AN-456 obtuvo el mayor rendimiento con 1200 kg Ms ha<sup>-1</sup> y el menor lo obtuvo AN-447 con 607 kg Ms ha<sup>-1</sup>. Mientras que a los 14, 56, 70, 84, 98, 112 DDS no hay diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). Donde se obtuvo un promedio de 40, 2622, 3978, 5203, 4311, 4711 kg MS ha<sup>-1</sup> respectivamente para cada fecha.

Elizondo (2011) reportó un rendimiento de materia seca en hoja de maíz de un híbrido de 3,142 kg MS ha<sup>-1</sup>, similares a este estudio a partir de los 70 DDS, atribuyendo la producción a las condiciones ambientales principalmente a la precipitación.

En el tallo no se presentó diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre los híbridos ya que todos presentaron un comportamiento similar por lo que se registró un promedio general de 16, 19, 25, 26, 29, 30, 27 y 36 % para cada fecha de cosecha. En cuanto a kilogramos el tallo se encontró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) a los 42 días donde podemos observar que el híbrido AN-456 obtuvo el mayor rendimiento con 589 kg Ms ha<sup>-1</sup> y el menor lo obtuvo el híbrido AN-447 con 189 kg Ms ha<sup>-1</sup>. Mientras que a los 14, 28, 56, 70, 84, 98, 112 DDS no hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Obteniendo un promedio de 9, 93, 1200, 2486, 3629, 5752, 43 067 kg Ms ha<sup>-1</sup> respectivamente para cada fecha. Lo anterior, coincide con Muñoz T. *et al.*, (2013), los altos rendimientos de tallos de maíz en híbridos con mayor altura de la planta.

En el componente vaina se encontró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) a los 56 y 70 días donde podemos observar que a los 56 DDS el híbrido AN-456 obtuvo el mayor rendimiento con 973 kg Ms ha<sup>-1</sup> y el menor lo obtuvo el híbrido AN-447 con 400 kg Ms ha<sup>-1</sup>. Mientras que a los 70 días el híbrido HS-2 y AN 456 obtuvieron el mayor rendimiento siendo iguales con 1733 kg Ms ha<sup>-1</sup> y el menor lo obtuvo AN-447 con 1000 kg Ms ha<sup>-1</sup>. Mientras que a los 14, 28, 42, 84, 98, 112 DDS no hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) obteniendo un promedio de 7, 78, 231, 2021, 2711 y 3422 kg MS ha<sup>-1</sup> respectivamente para cada fecha representando el 12, 16, 14, 17, 14 y 9 %

para cada fecha respectivamente, mientras que a los 56 DDS se presentó diferencia entre los híbridos donde el HS-2 presentó el mayor promedio con 20 % y el AN-447 presentó el menor promedio con 11 %.

En el fruto a los 14, 28 y 42 DDS no hubo presencia de fruto. A los 56, 70, 84, 98 y 112 DDS no se mostraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre los tres híbridos mostrando un comportamiento similar donde se obtuvo un promedio general de 7, 162, 575, 6,711 y 15, 511 kg MS ha<sup>-1</sup> representados por el 0.1, 2, 4, 31 y 40 % respectivamente para cada fecha de cosecha.

En la materia muerta a los 14, 28, 42 y 56 DDS no hubo presencia de fruto. A los 70, 84, 98 y 112 DDS no se mostraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre los tres híbridos mostrando un comportamiento similar donde se obtuvo un promedio general de 236, 309, 509, 753 kg MS ha<sup>-1</sup> representados por el 0.007, 2, 3, 2 y 2 % respectivamente para cada fecha de cosecha.

En la inflorescencia a los 14, 28 y 42 DDS no se presentó inflorescencia a los 56, 70, 84, 98 y 112 DDS no se presentó diferencia ( $p>0.05$ ) donde el promedio general de aportación fue de 0.03, 416, 405, 756 y 525 kg MS ha<sup>-1</sup> respectivamente para cada fecha. En cuanto a porcentaje de igual manera a los 56, 70, 84, 98 y 112 DDS no se presentó diferencia ( $p>0.05$ ) donde el promedio general de aportación fue de 0.0006, 5, 4, 4 y 1 % respectivamente para cada fecha.



**Figura 2.** Cambios en la composición morfológica del cultivo del maíz de los híbridos HS-2, AN-456 y AN-447, cosechado a diferentes edades de la planta en el ciclo

primavera-verano 2021.

#### **4. 4 Relación Hoja: Tallo**

En el Cuadro 8 se presenta la relación hoja-tallo (R:H/T) de los híbridos HS-2, AN-456 y AN-447, en el ciclo primavera-verano 2021. No se presentaron diferencias significativas ( $p>0.05$ ), ya que los híbridos mostraron un comportamiento similar donde se obtuvo un promedio general de 5.1, 3.9, 2.6, 2.3, 1.6, 1.4, 0.8, 0.3 respectivamente para cada fecha de cosecha donde podemos observar que a los 14, 28, 42, 56, 70 y 84 DDS la hoja fue mayor que el tallo, mientras que a los 98 y 112 el tallo fue mayor que la hoja.

Linares (2022) reportó que antes de los 70 DDS la acumulación de materia seca en las hojas fue superior al del tallo y después de esa fecha predominó la materia seca del tallo algo diferente a los resultados obtenidos en esta investigación, ya que en esta antes de los 84 DDS la acumulación de materia seca en las hojas fue superior al del tallo después de esa fecha la producción en el tallo se favoreció

**Cuadro 8.** Relación hoja tallo (R:H/T) de tres híbridos de maíz, cosechados a diferentes edades, en el ciclo primavera-verano 2021.

DDS	RELACION: H/T			Pr≥F	x̄
	HS-2	AN-456	AN-447		
14	5.62 <sup>a</sup>	4.32 <sup>a</sup>	5.41 <sup>a</sup>	0.77	5.1
28	3.52 <sup>a</sup>	3.23 <sup>a</sup>	5.21 <sup>a</sup>	0.15	3.9
42	2.17 <sup>a</sup>	2.28 <sup>a</sup>	3.40 <sup>a</sup>	0.19	2.6
56	2.26 <sup>a</sup>	2.20 <sup>a</sup>	2.61 <sup>a</sup>	0.61	2.3
70	1.69 <sup>a</sup>	1.35 <sup>a</sup>	2.006 <sup>a</sup>	0.42	1.6
84	1.27 <sup>a</sup>	1.28 <sup>a</sup>	1.91 <sup>a</sup>	0.45	1.4
98	0.81 <sup>a</sup>	0.65 <sup>a</sup>	1.10 <sup>a</sup>	0.28	0.8
112	0.38 <sup>a</sup>	0.42 <sup>a</sup>	0.28 <sup>a</sup>	0.54	0.3

a, b, c diferente literal minúscula, entre híbridos marca una diferencia significativa (P<0,05)



## V. CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos se ha podido determinar que el híbrido AN456 tuvo el mejor rendimiento de producción en las variables evaluadas, con respecto a los a los híbridos AN-456 Y AN-447 que muestran comportamientos similares entre sí.

## VI. LITERATURA CITADA

- Acosta, R. 2009.** El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. Cultivos tropicales, 30(2).  
[scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s0258-59362009000200016](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0258-59362009000200016)
- Amador, A.; Boschini, C. 2000.** Fenología productiva y nutricional del maíz para la producción de forraje. Agronomía Mesoamericana 11(1):171-177.
- Aldrich, S.; Leng, E. 1974.** Producción moderna de maíz. Editorial Hemisferio Sur. Argentina. 308 pp.
- Below, F., 2002.** Fisiología, nutrición y fertilización nitrogenada del maíz. Informaciones Agronómicas No. 54  
[http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/D757CEE6B1516328852579A30074B16B/\\$FILE/Fisiologia,%20nutrici%C3%B3n%20y%20fertilizaci%C3%B3n%20nitr%C3%B3genada%20del%20ma%C3%ADz.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/D757CEE6B1516328852579A30074B16B/$FILE/Fisiologia,%20nutrici%C3%B3n%20y%20fertilizaci%C3%B3n%20nitr%C3%B3genada%20del%20ma%C3%ADz.pdf)
- Borrás, L. y M. E. Otegui. 2001.** Maize kernel weight response to postflowering source-sink ratio. Crop Sci. 49: 1816-1822.
- Bragachini, M; Sánchez F.; Mathier M., 2014.** Novedades en maquinaria para cosecha de biomasa para bioenergía en el Farm Progress Show 2014. 24° Viaje de capacitación técnica a Estados Unidos – INTA / COOVAECO. 13° Curso Internacional de Agricultura de Precisión y expo de Máquinas Precisas. Manfredi Córdoba, Argentina. p: 267-275.
- Carballo, A., Regalado J. 2016.** Maíz híbrido HS-2. Revista Agroproductividad. Pp 54-56  
<https://revistaagroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/894/757>

- Cervantes, F., Covarrubias J., Rangel J. A., Terrón A., Mendoza M., Preciado R., 2013.** Densidad de población y fertilización nitrogenada en la producción de semilla híbrida de maíz. *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 24. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S165913212013000100010&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S165913212013000100010&script=sci_arttext)
- Cox, W.J. and D.J. Cherney. 2005.** Timing corn forage harvest for bunker silos. *Agron. J.* 97:142-146.
- Elizarrarás, S; Serrato, J; López, E. 2009.** La aplicación de ácidos húmicos en las características productivas de *Clitoria ternatea* L. en la región Centro Occidente de México. *Revista AIA* 13(3):11-15.
- Elizondo J., Boschini C., 2001.** Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*. Vol 12, Pp. 181-187
- FAO, 2002.** Agricultura mundial: hacia los años 2015-2030. <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s00.htm#TopOfPage>.
- FAOSTAT, 2012.** Agriculture Data. FAO, Rome, Italy. <http://faostat.fao.org>
- Fernández, L. 2009.** Identificación de razas de maíz (*Zea mays* L) presentes en el germoplasma cubano. Tesis Doctor en Ciencias Biológicas. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" INIFAT. República de Cuba. 172 p.
- Fuentes J; Cruz A., Castro L., Gloria J., Rodríguez S., Ortiz B., 2001.** Evaluación de las variedades e híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para ensilado. *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 12. Pp. 193-197 <https://www.redalyc.org/pdf/437/43712210.pdf>
- García F., 2001.** Fertilización de maíz en la región Pampeana <http://portal.acabase.com.ar/suelofertil/Articulos%20de%20Inters/MAIZ/Ma%C3%ADz%20->

%20Fertilizaci%C3%B3n%20en%20la%20Regi%C3%B3n%20Pampeana.pdf

**González, C. F.; Peña, R. A.; Núñez, H. G. y Jiménez, G. C. 2005.** Efecto de la densidad y altura de corte en el rendimiento y calidad del forraje de maíz.

Rev. Fitotec. Mex. 28(4):393-397.

**Guajardo R. O; Lozano C. C. J; Valdez A. L. A; Benavides M. A; Ibarra J. L; Valdés**

**A. J. A; Aguilar G. C. N. 2018.** Animal-based organic nutrition can substitute inorganic fertigation in soilless grown grape tomato. Acta Agriculturae

Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science. 68:77–85. doi:doi:10.1080/09064710.2017.1367030

**Guevara E. A; Bárcenas G. H; Salazar F. R. M; González E.S; Suzán H. A. 2005.**

Alta densidad de siembra en la producción de maíz con irrigación por goteo subsuperficial. Agrociencia 39: 431-439.

**Gutiérrez, C; González, C; Segura, C; Sánchez, C; Orozco, V; Fortis H. 2015.**

Efecto de ácidos húmicos de Leonardita en la estabilidad de agregados del suelo y raíces de melón en condiciones de invernadero. Phytion 84(2):298-305.

**Hernández L., 2006.** Tasa de degradación *in vitro* de cuatro genotipos de maíz

forrajero ensilados. Tesis que somete a consideración de H. jurado examinador como requisito para obtener el título de: Ingeniero Agrónomo Zootecnista Pp. 17-18

**ILSI. 2006.** Instituto Internacional de Ciencias de la Vida. Maíz y nutrición. Series de informes especiales, Volumen II. Capital Federal, Argentina. p: 3-8.

**INFOAGRO, 2012.** “El cultivo del maíz”. Disponible en:

[www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp](http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp).

**INIFAP 2005.** La fertilización en los cultivos de maíz, sorgo y trigo en México. Folleto

técnico N. 1, Centro de Investigación Regional del Centro- INIFAP, Guanajuato, México. ISBN: 968 5580-90-1.

**INIA, 2021.** Uso de fertilizante fosfatado en la producción de maíz forrajero en la

Región de los Ríos INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS -  
INFORMATIVO INIA REMEHUE N° 285 -2021  
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68360/NR42713.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Linares, 2022.** Evaluación de la producción de tres genotipos de maíz (*Zea mays* L.). Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrícola y Ambiental. UAAAN Saltillo. P-33
- López, S. R; González, C. G; Vázquez, A. R; Olivares S. E; Vidales C., J; Carranza de la Rosa, R; Ortega E. M. 2014.** Metodología para obtener ácidos húmicos y fulvicos y su caracterización mediante espectrofotometría infrarroja. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 8:1397-1407.
- Luna, O. J. G.; García, H. J. L; Preciado, R. P.; Fortis, H. M.; Espinoza, B. A.; Gallegos, R. M. A and Chavarría, G. J. A. 2013.** Evaluation of hybrids from simple crosses using maize elite landraces with forage outstanding characteristics for a Mexican arid land. Trop. Subtrop. Agroecosys. 16(1):119126.
- MAGRAMA, 2013.** Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.  
<http://www.magrama.gob.es/app/materialvegetal/fichamaterialvegetal.aspx?idficha=1180>.
- Manrique, A. 1997.** El maíz en el Perú. 2 ed. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Lima-Perú. 362 p.
- Mera O. L. M., Sánchez M. C. 2009.** El maíz. Aspectos biológicos. In: Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica. T A Kato, C Mapes, L M Mera, J A Serratos, R A Bye (eds). Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V. D.F., México. pp:19-32.

- Ortigoza, J., López, C. A., González, J. D., 2019.** Guía técnica cultivo de maíz. San Lorenzo, Paraguay: FCA, UNA, 2019. Pp. 18.  
[https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gkeatt/gt\\_04.pdf](https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gkeatt/gt_04.pdf)
- Paliwal R., Granados G., Lafitte H. R., Violic A., Marathée J., 2001.** El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, Italia. Cap.1. p: 1-23.
- Paliwal, R. L. 2001 c., Granados, G.; Lafitte, H. R.; Violic, A. D. y Marathée, J. P.** (Eds.). El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal 28. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp. 45-55.
- Paliwal R., Granados G., Lafitte H.R., Violic A., and Pierre J., 2001.** Introducción al maíz y su importancia. El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción P. 1
- Paliwal, R. L. 2001.** El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Rome. Volumen 28. 392 p.
- Paliwal, R. L. 2001 a.** Introducción al Maíz y su importancia. En: Paliwal, R. L.; Granados, G.; Lafitte, H. R.; Violic, A.,D. y Marathée, J. P. (Eds.). El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal 28. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp. 1-3.
- Peñagaricano, J., Arias, W., Llana, N. 1986.** Ensilaje: manejo y utilización de las reservas forrajeras. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 345 p.
- Reta, S. D. G., J. S. Carrillo., A. Gaytán, M., E. Castro, M., y J. A. Cueto, W. 2002.** Guía para Cultivar Maíz Forrajero en Surcos Estrechos. Junio 2002. CELALAINIFAP, Matamoros, Coah. 24 pp.

**Santiago, 2022.** Producción de forraje de maíz (*Zea mays*) variedad NH 447 fertilizado con Leonardita. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. UAAAN Saltillo. P-21.

**SAS Institute Inc. (2004).** SAS/STAT ® 9.1 User's Guide. Cary, NC. USA. 5121 p.

**Serna-Saldívar S O, C A Amaya-Guerra (2008)** El papel de la tortilla nixtamalizada en la nutrición y la alimentación. *In:* Nixtamalización del Maíz a la Tortilla. Aspectos Nutrimientales y Toxicológicos. M E Rodríguez-García, S O SernaSaldívar, F Sánchez-Sinencio (eds). Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México. pp:105-151.

**SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2007.** Situación Actual y Perspectivas del Maíz en México 1996 - 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, D.F. 208 p.

**SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2011.** Cierre de la producción agrícola por cultivo. Disponible en: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=215](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=215) (Mayo 2013).

**SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2017.** Avance de siembras y cosechas, resumen nacional por cultivo.

<http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola-siapgobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do>.

**Tapia, M. E., Fries, A. M. 2007.** Guía de campo de los cultivos andinos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú. Lima.

**Tarazona, 2016.** Fertilización del maíz  
<https://www.antoniotarazona.com/blog/agricultura/fertilizacion-del-maiz/>.

- Turrent F. A., Wise T.A., Garvey E. 2012** Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México. Mex. Rural Develop. Res. Rep. 24:1-36.
- Santillán, V. 2005.** Efecto de la aplicación de Metalosato® de calcio y magnesio en la producción de Rosa spp. Variedades Charlotte y Classy bajo invernadero, en Pichincha, Ecuador. Tesis Lic. Honduras, Universidad del Zamorano. 41 p.
- Satter, D. L. and Reiss, B. R. 2012.** Milk production under confinement conditions. Ed. US. Dairy Forage Research Center, USDA-ARS and Dairy Science Department. University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, USA. 37 p.
- UAAAN, 2022.** Híbrido simple AN-456. Tecnología de y para mexicanos [folleto].
- Villanueva, J. S., 2018.** Optimización de la fertilización del maíz forrajero (*Zea mays L.*) en Marcos Castellanos, Michoacán. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable. IP
- Zamboni, I; Ballesteros, M; Zamudio, A. 2006.** Caracterización de ácidos húmicos y fúlvicos de un mollisol bajo dos coberturas diferentes. Rev. Colomb. Quim. 35(2):191-203.
- Zambrano, A. A. 2016.** Computación Estadística con SAS. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencia Económicas y Sociales. Escuela de Estadística. Mérida, Venezuela. 139 p.



## VII. ANEXOS

**Cuadro 1.** Rendimiento de materia seca, Relación: hoja/tallo y altura (kg MS ha<sup>-1</sup>) de tres híbridos de maíz, cosechado a diferentes edades en el ciclo primavera-verano 2021.

DDS	RMS			Pr≥F	RHT			Pr≥F	ALTURA			Pr≥F
	HS-2	AN-456	AN-447		HS-2	AN-456	AN-447		HS-2	AN-456	AN-447	
<b>14</b>	61 <sup>a</sup>	53 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	0.66	5.62 <sup>a</sup>	4.32 <sup>a</sup>	5.41 <sup>a</sup>	0.77	24 <sup>a</sup>	17 <sup>ab</sup>	13 <sup>b</sup>	0.04
<b>28</b>	421 <sup>ab</sup>	828 <sup>a</sup>	103 <sup>b</sup>	0.02	3.52 <sup>a</sup>	3.23 <sup>a</sup>	5.21 <sup>a</sup>	0.15	63 <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>	39 <sup>b</sup>	0.004
<b>42</b>	1623 <sup>a</sup>	2140 <sup>a</sup>	890 <sup>b</sup>	0.007	2.17 <sup>a</sup>	2.28 <sup>a</sup>	3.40 <sup>a</sup>	0.19	114 <sup>a</sup>	93 <sup>ab</sup>	92 <sup>b</sup>	0.03
<b>56</b>	4800 <sup>a</sup>	4980 <sup>a</sup>	3734 <sup>a</sup>	0.37	2.26 <sup>a</sup>	2.20 <sup>a</sup>	2.61 <sup>a</sup>	0.61	202 <sup>a</sup>	158 <sup>b</sup>	149 <sup>b</sup>	0.005
<b>70</b>	7966 <sup>a</sup>	8695 <sup>a</sup>	9092 <sup>a</sup>	0.71	1.69 <sup>a</sup>	1.35 <sup>a</sup>	2.006 <sup>a</sup>	0.42	237 <sup>a</sup>	216 <sup>a</sup>	209 <sup>a</sup>	0.30
<b>84</b>	10636 <sup>a</sup>	14155 <sup>a</sup>	11633 <sup>a</sup>	0.48	1.27 <sup>a</sup>	1.28 <sup>a</sup>	1.91 <sup>a</sup>	0.45	261 <sup>a</sup>	237 <sup>a</sup>	251 <sup>a</sup>	0.33
<b>98</b>	19731 <sup>a</sup>	24244 <sup>a</sup>	18275 <sup>a</sup>	0.51	0.81 <sup>a</sup>	0.65 <sup>a</sup>	1.10 <sup>a</sup>	0.28	290 <sup>ab</sup>	264 <sup>b</sup>	299 <sup>a</sup>	0.02
<b>112</b>	38665 <sup>a</sup>	41029 <sup>a</sup>	38140 <sup>a</sup>	0.93	0.38 <sup>a</sup>	0.42 <sup>a</sup>	0.28 <sup>a</sup>	0.54	315 <sup>a</sup>	318 <sup>a</sup>	308 <sup>a</sup>	0.08

a, b diferente literal minúscula, entre híbridos marca una diferencia significativa (P<0,05)

**Cuadro 2** Rendimiento de hoja, tallo y vaina (kg MS ha<sup>-1</sup>) de tres híbridos de maíz, cosechado a diferentes edades de la planta en el ciclo primavera-verano 2021.

DDS	HOJA			Pr≥F	TALLO			Pr≥F	VAINA			Pr≥F
	HS-2	AN-456	AN-447		HS-2	AN-456	AN-447		HS-2	AN-456	AN-447	
<b>14</b>	47 <sup>a</sup>	36 <sup>a</sup>	36 <sup>a</sup>	0.53	8 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	0.81	7 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	0.44
<b>28</b>	277 <sup>ab</sup>	492 <sup>a</sup>	74 <sup>b</sup>	0.01	79 <sup>a</sup>	184 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	0.06	65 <sup>a</sup>	152 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>	0.119
<b>42</b>	933 <sup>ab</sup>	1200 <sup>a</sup>	107 <sup>b</sup>	0.009	440 <sup>ab</sup>	589 <sup>a</sup>	189 <sup>b</sup>	0.036	249 <sup>a</sup>	351 <sup>a</sup>	94 <sup>a</sup>	0.113
<b>56</b>	2800 <sup>a</sup>	2667 <sup>a</sup>	2400 <sup>a</sup>	0.64	1333 <sup>a</sup>	1333 <sup>a</sup>	933 <sup>a</sup>	0.52	668 <sup>ab</sup>	973 <sup>a</sup>	400 <sup>b</sup>	0.01
<b>70</b>	3333 <sup>a</sup>	3600 <sup>a</sup>	5000 <sup>a</sup>	0.12	2133 <sup>a</sup>	2766 <sup>a</sup>	2560 <sup>a</sup>	0.74	1733 <sup>a</sup>	1733 <sup>a</sup>	1000 <sup>b</sup>	0.03
<b>84</b>	4235 <sup>a</sup>	5539 <sup>a</sup>	5834 <sup>a</sup>	0.57	3333 <sup>a</sup>	4486 <sup>a</sup>	3067 <sup>a</sup>	0.30	1785 <sup>a</sup>	2302 <sup>a</sup>	1976 <sup>a</sup>	0.42
<b>98</b>	3867 <sup>a</sup>	4400 <sup>a</sup>	4667 <sup>a</sup>	0.30	4728 <sup>a</sup>	7733 <sup>a</sup>	4800 <sup>a</sup>	0.33	3067 <sup>a</sup>	3067 <sup>a</sup>	2000 <sup>a</sup>	0.08
<b>112</b>	5067 <sup>a</sup>	4800 <sup>a</sup>	4267 <sup>a</sup>	0.17	14000 <sup>a</sup>	14267 <sup>a</sup>	14800 <sup>a</sup>	0.96	3467 <sup>a</sup>	3200 <sup>a</sup>	3600 <sup>a</sup>	0.58

a, b diferente literal minúscula, entre híbridos marca una diferencia significativa (P<0,05)

**Cuadro 3** Aportación de hoja, tallo y vaina en (%) de tres híbridos de maíz, cosechado a diferentes edades de la planta en el ciclo primavera-verano.

DDS	HOJA			Pr≥F	TALLO			Pr≥F	VAINA			Pr≥F
	HS-2	AN-456	AN-447		HS-2	AN-456	AN-447		HS-2	AN-456	AN-447	
<b>14</b>	75 <sup>a</sup>	68 <sup>a</sup>	74 <sup>a</sup>	0.45	14 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>	0.64	12 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	0.37
<b>28</b>	65 <sup>a</sup>	61 <sup>a</sup>	69 <sup>a</sup>	0.08	19 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	0.42	16 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>	0.88
<b>42</b>	57 <sup>a</sup>	58 <sup>a</sup>	69 <sup>a</sup>	0.01	28 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	0.32	15 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	0.42
<b>56</b>	59 <sup>a</sup>	54 <sup>a</sup>	64 <sup>a</sup>	0.12	27 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	0.81	14 <sup>ab</sup>	20 <sup>a</sup>	11 <sup>b</sup>	0.03
<b>70</b>	42 <sup>b</sup>	42 <sup>a</sup>	55 <sup>a</sup>	0.002	27 <sup>a</sup>	32 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>	0.72	22 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	0.13
<b>84</b>	40 <sup>a</sup>	40 <sup>a</sup>	49 <sup>a</sup>	0.24	31 <sup>a</sup>	32 <sup>a</sup>	28 <sup>a</sup>	0.78	17 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>	0.95
<b>98</b>	20 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	0.14	24 <sup>a</sup>	31 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	0.52	16 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	0.26
<b>112</b>	13 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	0.80	36 <sup>a</sup>	33 <sup>a</sup>	39 <sup>a</sup>	0.20	9 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	0.54

a, b diferente literal minúscula, entre híbridos marca una diferencia significativa (P<0,05)

**Cuadro 4** Rendimiento de material muerto, inflorescencia y fruto (kg MS ha<sup>-1</sup>) de tres híbridos de maíz, cosechados a diferentes edades de la planta en el ciclo primavera-verano 2021.

DDS	MM			Pr≥F	INFLO			Pr≥F	FRUTO			Pr≥F
	HS-2	AN-456	AN-447		HS-2	AN-456	AN-447		HS-2	AN-456	AN-447	
14	0	0	0	.	0	0	0	.	0	0	0	.
28	0	0	0	.	0	0	0	.	0	0	0	.
42	0	0	0	.	0	0	0	.	0	0	0	.
56	0	0	0	.	0.013 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup>	0.05 <sup>a</sup>	0.62	0	11 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	0.13
70	236 <sup>a</sup>	236 <sup>a</sup>	236 <sup>a</sup>	1.0	422 <sup>a</sup>	425 <sup>a</sup>	402 <sup>a</sup>	0.97	186 <sup>a</sup>	171 <sup>a</sup>	130 <sup>a</sup>	0.85
84	281 <sup>a</sup>	361 <sup>a</sup>	284 <sup>a</sup>	0.80	373 <sup>a</sup>	468 <sup>a</sup>	373 <sup>a</sup>	0.18	627 <sup>a</sup>	1000 <sup>a</sup>	99 <sup>a</sup>	0.56
98	475 <sup>a</sup>	511 <sup>a</sup>	541 <sup>a</sup>	0.67	800 <sup>a</sup>	667 <sup>a</sup>	800 <sup>a</sup>	0.44	6800 <sup>a</sup>	7867 <sup>a</sup>	5467 <sup>a</sup>	0.73
112	630 <sup>a</sup>	840 <sup>a</sup>	788 <sup>a</sup>	0.14	301 <sup>a</sup>	590 <sup>a</sup>	685 <sup>a</sup>	0.13	15200 <sup>a</sup>	17333 <sup>a</sup>	14000 <sup>a</sup>	0.82

a, b diferente literal minúscula, entre híbridos marca una diferencia significativa (P<0,05)

**Cuadro 5** Aportación del material muerto, inflorescencia y fruto (%) de tres híbridos de maíz, cosechado a diferentes edades de la planta en el ciclo primavera-verano 2021.

DDS	MM				INFLO				FRUTO			
	HS-2	AN-456	AN-447	Pr≥F	HS-2	AN-456	AN-447	Pr≥F	HS-2	AN-456	AN-447	Pr≥F
14	0	0	0	.	0	0	0	.	0	0	0	.
28	0	0	0	.	0	0	0	.	0	0	0	.
42	0	0	0	.	0	0	0	.	0	0	0	.
56	0	0.010 <sup>a</sup>	0.013 <sup>a</sup>	0.44	0.0002 <sup>a</sup>	0.0006 <sup>a</sup>	0.0015 <sup>a</sup>	0.36	0	0.148 <sup>a</sup>	0	0.30
70	1 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	0.58	6 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	0.69	2 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	0.65
84	3 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	0.86	4 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	0.92	6 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	0.49
98	2 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	0.67	4 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	0.23	34 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	29 <sup>a</sup>	0.79
				0.45	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	0.38	39 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>	37 <sup>a</sup>	0.65

a, b diferente literal minúscula, entre híbridos marca una diferencia significativa (P<0,05)