

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN



Producción de forraje en poblaciones de maíz nativo amarillo de Coahuila

Por:

ANA MARIA CHAVEZ MENDOZA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Marzo 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Producción de forraje en poblaciones de maíz nativo amarillo de Coahuila

Por:

ANA MARIA CHAVEZ MENDOZA

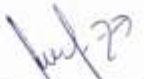
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité Asesor:


DR. FRANCISCO JAVIER SANCHEZ RAMIREZ
Asesor Principal


DR. JOSE LUIS VELASCO LOPEZ
Coasesor


DRA. ANA LAURA ALONSO NIEVES
Coasesor


DR ALBERTO SANDOVAL RANGEL
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Marzo 2026

MANIFESTO DE HONESTIDAD ACADÉMICA

El suscrito, Ana Maria Chavez Mendoza, estudiante de nivel licenciatura de la especialidad Ingeniero Agrónomo en Producción, con matrícula 41211566, autor de la presente Tesis, manifestó que:

1. Reconoce que el plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.
2. Las ideas, opiniones, datos e información publicadas por otros autores utilizadas en la presente tesis, han sido debidamente citadas, reconociendo la autoría de la fuente original.
3. Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactada según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el "copiado y pegado" de dicha información.
4. Reconozco la responsabilidad sobre los derechos de autor, materiales bibliográficos consultados por cualquier vía, y manifesto no haber hecho mal uso de alguno de ellos.
5. Entiendo que la función y alcance del comité de asesoría, está suscrito a la orientación y guía, respecto a la metodología de la investigación realizada para la presente Tesis; así como el análisis e interpretación de los resultados obtenidos, por lo tanto, eximo de toda responsabilidad relacionada al plagio académico a mi Comité de Asesoría, aceptando cualquier responsabilidad al respecto es únicamente a mi persona.



Ana Maria Chavez Mendoza

Tesista de licenciatura.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por ser el pilar que ha sostenido mi camino en cada etapa de mi vida. Gracias por la fortaleza, la salud y las oportunidades que me permitieron avanzar, aprender y crecer, incluso en los momentos más complejos.

A mis padres, **Sr. Santos Chávez Pérez y Samara Mendoza Araujo**, quienes han sido mi mayor apoyo y ejemplo de amor incondicional. Gracias por acompañarme en cada paso, por su entrega constante, por su comprensión y por los valores que me inculcaron. Sus palabras, consejos y sacrificios fueron fundamentales para que hoy pueda alcanzar esta meta académica.

A mi hermano, **José Manuel Chávez Mendoza**, por su cercanía, por su apoyo sincero y por ser una fuente constante de motivación. Gracias por impulsarme a no rendirme y por creer en mí durante todo este proceso.

A mi **Alma Mater**, la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por ofrecerme un espacio de formación académica y humana, así como los recursos y el personal que contribuyeron a mi desarrollo profesional.

A mi asesor principal, **Dr. Francisco Javier Sánchez Ramírez**, por brindarme la oportunidad de formar parte de este proyecto de investigación. Agradezco su disposición, su acompañamiento académico, la confianza depositada en mí y la orientación constante que hizo posible la culminación de este trabajo.

A mis familiares y amistades, por su apoyo y comprensión. De manera especial a mis abuelos y amigos; gracias por el cariño, el tiempo compartido y el respaldo brindado tanto dentro como fuera de la universidad.

DEDICATORIA

A mis padres:

Sr. Santos Chávez Pérez y Sra. Samara Mendoza Araujo

Este logro les pertenece tanto como a mí. A lo largo de mi formación académica, su apoyo, confianza y amor fueron el motor que me impulsó a seguir adelante. Por todo lo que han hecho y continúan haciendo por mí, dedico esta tesis como una muestra de agradecimiento profundo.

A mis abuelos paternos:

J. Merced Chávez Cruz y Agustina Pérez Jiménez

Me siento orgullosa de ser descendiente de personas tan valiosas. Gracias por la confianza, el apoyo y las bendiciones que me brindaron desde mi infancia. Este logro está dedicado de manera especial a mi abuelo, quien partió antes de verme concluir mis estudios universitarios, pero cuya presencia y bendiciones me acompañaron siempre, guiándome en cada etapa de este camino.

A mi asesor principal,

Dr. Francisco Javier Sánchez Ramírez

Por su orientación académica, su compromiso y la confianza otorgada durante el desarrollo de este trabajo de investigación, elementos clave para alcanzar esta meta profesional.

RESUMEN

El maíz (*Zea mays L.*) es un cultivo de gran importancia en los sistemas agrícolas y pecuarios de México, particularmente en regiones de temporal donde las poblaciones nativas representan una fuente relevante de forraje para la alimentación animal. En el sureste del estado de Coahuila, los maíces nativos se caracterizan por su adaptación a condiciones ambientales adversas. "Con el objetivo de evaluar las características agronómicas y el potencial en la producción del forraje verde en poblaciones nativas de grano amarillo de Coahuila, se analizaron 15 poblaciones nativas de maíz pertenecientes a cinco grupos raciales, junto con cuatro híbridos y una variedad sintética como testigos. El experimento se estableció durante el ciclo Primavera–Verano 2024 en el Campo Experimental “El Bajío” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, bajo condiciones de riego. Se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones, y la producción de forraje se determinó mediante la disección de la planta en la etapa de $\frac{3}{4}$ de línea de leche del grano, evaluando el peso fresco y seco de sus principales estructuras y el rendimiento total de forraje verde.

Los resultados mostraron diferencias altamente significativas entre genotipos, evidenciando variabilidad en la producción y distribución de biomasa. En la producción de forraje destacaron las poblaciones COAH182 y COAH003 por su distribución equilibrada de biomasa y mayor aporte del elote, mientras que en rendimiento de grano sobresalió la población COAH089 y el híbrido INI20102. En conjunto, COAH182, COAH003 e INI20102 presentaron el mayor potencial productivo, identificándose COAH182 como la población nativa con mayor potencial forrajero en el sureste de Coahuila.

Palabras clave: Producción de forraje verde, acumulación de biomasa, distribución morfológica, relación hoja: tallo y potencial forrajero.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	4
DEDICATORIA	5
RESUMEN.....	6
ÍNDICE GENERAL	7
ÍNDICE DE CUADROS.....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. OBJETIVOS.....	11
1.2. HIPÓTESIS.....	11
II. REVISIÓN DE LITERATURA	11
2.1. Importancia del maíz en México.....	12
2.2. Situación actual de la producción de maíz en México.....	12
2.3. El maíz como cultivo forrajero y su papel en la alimentación animal	14
2.4 Maíces nativos	17
2.5. Distribución morfológica de la biomasa en la planta de maíz.....	20
2.6. Factores ambientales que influyen en la producción de forraje de maíz.....	23
2.7. Parámetros de calidad forrajera del maíz	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1 Material genético	26
3.2 Localización del sitio experimental.....	27
3.3 Manejo agronómico	27
3.4 Diseño experimental.....	28
3.5 variables evaluadas.....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Análisis de varianza	30
V. CONCLUSIONES	42
VI. REVISIÓN DE LITERATURA	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Poblaciones de maíz amarillo nativo de Coahuila procedentes de cinco grupos raciales, área de adaptación y los testigos empleados en la evaluación	26
Cuadro 2. Coordenadas geográficas y climáticas de las localidades de evaluación 2024	27
Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza para las características agronómicas y área foliar de poblaciones de grano amarillo nativas de Coahuila evaluadas para la producción de forraje	31
Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza del peso fresco de las estructuras morfológicas de la planta de maíz de poblaciones de maíz amarillo nativo de Coahuila...	34
Cuadro 5. Valores medios de las características agronómicas y área foliar de poblaciones de grano amarillo nativas de Coahuila evaluadas para la producción de forraje.....	36
Cuadro 6. Valores medios del peso fresco de las estructuras morfológicas de la planta de maíz de poblaciones de maíz amarillo nativo de Coahuila.....	41

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos agrícolas más importantes a nivel mundial debido a su alta productividad, su amplia adaptación a diferentes ambientes y su versatilidad de uso. En México, este cultivo ocupa un lugar central no solo como base de la alimentación humana, sino también como un componente estratégico de los sistemas agrícolas y pecuarios, donde contribuye de manera significativa a la seguridad alimentaria y al desarrollo rural (INIFAP, 2021).

Además de su aprovechamiento como grano, el maíz desempeña un papel fundamental en la alimentación animal, particularmente en sistemas de producción de carne y leche. Su capacidad para generar grandes volúmenes de biomasa, su rápido crecimiento y su adecuada respuesta al manejo agronómico han favorecido su uso como forraje verde, ensilado y rastrojo, consolidándolo como uno de los cultivos forrajeros más utilizados en los sistemas productivos (Guevara *et al.*, 2019).

Desde el punto de vista agronómico, el maíz se caracteriza por presentar una arquitectura vegetal que favorece la acumulación de biomasa aérea, debido principalmente a la presencia de un tallo robusto, hojas bien desarrolladas y un crecimiento vigoroso a lo largo de su ciclo de desarrollo. Estas características permiten que la planta completa pueda ser aprovechada como forraje, lo cual incrementa la eficiencia en el uso del suelo y de los recursos disponibles dentro de los sistemas de producción agrícola (Jugenheimer, 1988, pp. 40–45).

En los sistemas pecuarios, la producción de biomasa constituye un indicador clave del potencial forrajero del maíz, ya que representa la cantidad total de materia seca disponible para la alimentación animal. La magnitud de esta biomasa está estrechamente relacionada con el genotipo, el ambiente de producción y las prácticas de manejo, lo que explica las variaciones observadas en el rendimiento forrajero entre regiones y materiales genéticos (Rodríguez-Ortega *et al.*, 2024).

La conservación del forraje mediante ensilaje es una estrategia ampliamente utilizada para garantizar la disponibilidad de alimento durante todo el año. La calidad del ensilado de maíz depende del desarrollo de la planta, del momento de cosecha

y de la proporción relativa de sus órganos, factores que influyen directamente en su valor nutritivo y en su aprovechamiento por el ganado (Granados-Niño *et al.*, 2022).

En México, una proporción considerable de la superficie sembrada con maíz se cultiva bajo condiciones de temporal, donde es común el uso de poblaciones nativas. Estos materiales han sido conservados y seleccionados por los agricultores a lo largo del tiempo debido a su capacidad de adaptación a ambientes variables, especialmente en regiones donde la disponibilidad de agua y otros factores climáticos pueden limitar la producción. Además de su importancia para la obtención de grano, estas poblaciones también presentan la capacidad de generar cantidades importantes de biomasa, lo que les confiere un valor relevante para la producción de forraje en sistemas agrícolas tradicionales. De esta manera, aun cuando el rendimiento de grano puede verse reducido bajo condiciones ambientales adversas, la producción de biomasa permite que estos materiales sigan siendo útiles dentro de los sistemas productivos (Godina *et al.*, 2020).

Las especies forrajeras constituyen un recurso fundamental en los sistemas agrícolas y pecuarios, ya que contribuyen a la producción de alimento para el ganado. El mejoramiento genético ha permitido incrementar la productividad y adaptación de estos cultivos, mediante la selección y evaluación de materiales con características agronómicas favorables (Andrés, 2005).

El presente trabajo surge del interés por comprender y valorar el papel que desempeñan las poblaciones de maíz nativo en la producción de forraje dentro de los sistemas agrícolas del sureste de Coahuila. En esta región, estos materiales no solo forman parte de la tradición agrícola, sino que representan una fuente importante de alimento para el ganado, especialmente bajo condiciones de temporal. Por ello, este estudio se enfoca en analizar la producción de forraje de poblaciones de maíz nativo, a partir de la evaluación de la biomasa generada y de la contribución de las distintas estructuras de la planta, con el fin de conocer su potencial forrajero y aportar información que permita fortalecer su aprovechamiento en los sistemas pecuarios locales y contribuir a la sostenibilidad de la producción agrícola regional.

1.1. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar las características agronómicas y la producción del forraje verde en poblaciones nativas de grano amarillo de Coahuila

Objetivos específicos

- Estudiar la contribución de cada estructura de la planta sobre la producción total de la planta en la fase de $\frac{3}{4}$ de línea de leche en el grano.
- Evaluar las características agronómicas de poblaciones nativas de Coahuila para determinar su asociación con la producción de forraje

1.2. HIPÓTESIS

Dada la selección realizada anualmente por los productores de maíz nativo, y dados los usos que estos le dan a la producción (autoconsumo y alimentación del ganado) se considera que los maíces nativos poseen características destacadas para la producción de forraje para la alimentación del ganado.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia del maíz en México

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo originario de México cuya domesticación ocurrió a lo largo de miles de años. Durante este proceso, las civilizaciones mesoamericanas realizaron una selección continua de plantas silvestres, favoreciendo aquellas que presentaban características agronómicas útiles para la producción. Como resultado de esta selección y manejo prolongado, el maíz logró adaptarse a diferentes condiciones ambientales, lo que dio lugar a una amplia diversidad de razas y variedades locales que los agricultores han conservado hasta la actualidad mediante prácticas tradicionales de cultivo (Jugenheimer, 1988, pp. 3–10).

El maíz es uno de los cultivos más relevantes en los sistemas pecuarios a nivel mundial, debido a su alta capacidad productiva, su amplia adaptación a diversas condiciones agroclimáticas y su versatilidad de uso. En México, representa un pilar fundamental para la seguridad alimentaria, no solo por su papel histórico en la dieta humana, sino también por su función dentro de los sistemas pecuarios, donde aporta una fuente constante y confiable de biomasa para la alimentación animal (Guevara *et al.*, 2019). La posibilidad de aprovechar la planta completa permite maximizar el recurso agrícola, especialmente en contextos donde la disponibilidad de forraje es limitada o estacional.

2.2. Situación actual de la producción de maíz en México

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos de mayor relevancia en México debido a su importancia económica, social y cultural, además de constituir un alimento básico para gran parte de la población. Asimismo, este cultivo desempeña un papel importante en los sistemas pecuarios, ya que puede utilizarse tanto en forma de grano como de forraje para la alimentación del ganado. En el país se produce bajo diversos sistemas de manejo que incluyen desde esquemas altamente tecnificados hasta sistemas tradicionales de temporal, lo que refleja la diversidad de condiciones agroecológicas presentes en el territorio nacional (SAGARPA, 2017).

En términos de superficie sembrada, el maíz es el cultivo con mayor extensión en México. Gran parte de esta superficie se establece bajo condiciones de temporal, lo que implica una fuerte dependencia de las precipitaciones y genera variaciones

importantes en los rendimientos entre regiones y ciclos agrícolas. De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, a nivel nacional se sembraron aproximadamente 570 mil hectáreas de maíz destinadas a la producción de forraje, principalmente utilizando semillas mejoradas y bajo sistemas intensivos de producción pecuaria orientados a la obtención de carne y leche, con el objetivo de maximizar el rendimiento por unidad de superficie y garantizar una disponibilidad constante de forraje de calidad. No obstante, esta superficie representa solo una pequeña proporción del total cultivado con maíz en el país, ya que se estima que cerca de 6.9 millones de hectáreas se establecen bajo condiciones de temporal, en muchos casos utilizando poblaciones nativas adaptadas a las condiciones locales (SIAP, 2023).

En el estado de Coahuila, particularmente en la región sureste, el cultivo de maíz se desarrolla principalmente bajo condiciones de temporal, lo que limita el potencial productivo debido a la irregularidad de las lluvias y a la presencia frecuente de periodos de sequía. En el sureste del estado de Coahuila, la producción de maíz se basa principalmente en poblaciones nativas, las cuales ocupan alrededor del 85 % del área cultivada. Estos materiales representan un importante reservorio de diversidad genética, ya que han sido mantenidos por los productores a través de procesos de selección y conservación tradicional a lo largo de generaciones. Dentro de esta variabilidad se reconocen distintos grupos raciales, entre los que sobresalen Ratón, Tuxpeño Norteño y Cónico Norteño, los cuales forman parte del germoplasma característico de la región. Diversos estudios han señalado que algunas de estas razas, particularmente Tuxpeño, Tuxpeño Norteño y Ratón, presentan un buen comportamiento agronómico, destacando por su capacidad de adaptación a las condiciones ambientales del sureste de Coahuila y por su potencial productivo bajo sistemas de temporal. Debido a estas características, las poblaciones criollas de maíz tienen un papel fundamental tanto en la productividad agrícola regional como en la conservación de los recursos genéticos del cultivo, especialmente en ambientes donde las condiciones climáticas pueden limitar el rendimiento (Nájera et al., 2010).

Entre la diversidad del maíz nativo de Coahuila también se observa variación en el color del grano. Sánchez-Ramírez et al. (2023) reportaron 27 poblaciones con predominancia de grano amarillo y 25 con granos pigmentados, azules y rojos. Sin embargo, en estudios sobre la riqueza de las poblaciones nativas locales, la cantidad y calidad del forraje obtenido a partir de estas aún no se ha definido. El maíz nativo es utilizado por muchos productores como una alternativa para la alimentación del ganado. En este sentido, Rivas et al. (2020) mencionan que el uso forrajero de poblaciones nativas de maíz ha recibido relativamente poca atención en comparación con otros enfoques de producción, aunque existe información que demuestra su potencial para este propósito.

En las áreas agrícolas bajo condiciones de temporal, como ocurre en la región sureste de Coahuila, la producción de grano se realiza principalmente con poblaciones nativas, las cuales representan una de las pocas alternativas disponibles para la obtención de alimento y forraje bajo condiciones ambientales limitantes. En muchos casos, la precipitación escasa o irregular impide alcanzar rendimientos adecuados de grano, por lo que el cultivo se aprovecha como forraje. Sin embargo, el potencial productivo y la calidad de estas poblaciones para este uso aún son poco conocidos, lo que justifica la necesidad de realizar estudios de caracterización agro-morfológica y bioquímica para identificar materiales con mayor potencial productivo.

2.3. El maíz como cultivo forrajero y su papel en la alimentación animal

El maíz se ha consolidado como uno de los cultivos forrajeros más importantes en los sistemas de producción animal debido a su elevada capacidad para generar biomasa y a su alto valor energético. Su aprovechamiento es altamente versátil, ya que puede utilizarse como forraje fresco, rastrojo posterior a la cosecha o mediante ensilaje, lo que permite su integración tanto en sistemas extensivos como intensivos de producción pecuaria (Guevara et al., 2019).

El maíz utilizado para la producción de forraje posee un elevado potencial de generación de biomasa, especialmente en regiones con condiciones climáticas favorables como el trópico húmedo. En estos ambientes, la combinación de temperaturas adecuadas y disponibilidad de humedad promueve un crecimiento vegetativo vigoroso del cultivo. Bajo tales condiciones, es posible obtener altos rendimientos tanto de forraje verde como de materia seca cuando se emplean genotipos adaptados a la región y se aplican prácticas adecuadas de manejo agronómico (Jugenheimer, 1988, pp. 120–125).

El rendimiento forrajero del maíz está estrechamente relacionado con el manejo del cultivo, especialmente con la densidad de siembra y la adaptación de los genotipos al entorno. El establecimiento de densidades de siembra más altas que las comúnmente utilizadas en el maíz destinado a la producción de grano puede contribuir a incrementar la cantidad de biomasa generada por unidad de superficie. Este manejo agronómico permite un mejor aprovechamiento del espacio disponible en el terreno, favoreciendo una mayor acumulación de materia vegetal que puede ser utilizada con fines forrajeros. Además, cuando las densidades son adecuadamente manejadas, es posible mantener un desarrollo morfológico adecuado de las plantas, sin afectar de manera significativa su crecimiento ni la formación de sus estructuras vegetativas, lo que permite optimizar el rendimiento del cultivo dentro de los sistemas de producción agrícola (Andrés, 2005).

El ciclo de cultivo del maíz forrajero influye directamente en su rendimiento y en la calidad nutricional del forraje. Granados-Niño et al. (2022) señalan que, dependiendo del momento de cosecha y de las prácticas de manejo, es posible optimizar tanto la materia seca como los nutrientes digestibles, lo cual es especialmente relevante en sistemas lecheros intensivos que requieren un suministro estable de energía.

La productividad de biomasa en el maíz destinado a forraje es un criterio fundamental para evaluar el desempeño de los genotipos utilizados en sistemas de producción pecuaria. Generalmente, esta productividad se determina mediante el rendimiento de forraje fresco y el contenido de materia seca, variables que permiten

estimar de manera integral la cantidad total de biomasa generada por el cultivo. Estos indicadores no solo reflejan la capacidad productiva del maíz, sino que también son útiles para comparar el comportamiento de distintos materiales genéticos bajo condiciones específicas de manejo y ambiente.

Asimismo, la evaluación conjunta de estos parámetros facilita el desarrollo de índices de selección que integran diferentes características agronómicas relacionadas con la producción de forraje. Dichos índices permiten identificar genotipos con mayor eficiencia en la acumulación de biomasa, lo cual resulta clave en programas de mejoramiento genético orientados a incrementar el rendimiento y la calidad del maíz forrajero en los sistemas agrícolas (Tucuch-Cauich et al., 2011).

El maíz presenta un elevado potencial para generar biomasa debido a su rápido establecimiento, crecimiento vigoroso y arquitectura vegetal que favorece la acumulación de materia seca en la parte aérea de la planta. No obstante, el rendimiento forrajero puede variar según el material genético, las condiciones ambientales y las prácticas de manejo aplicadas. En este sentido, los maíces híbridos muestran respuestas diferenciadas en la producción de forraje y grano aun dentro de una misma región, lo que resalta la importancia del genotipo. Factores como la disponibilidad de agua, la fertilización y el momento de cosecha influyen directamente en la acumulación de biomasa y materia seca, lo que explica las variaciones observadas entre híbridos y regiones, incluso bajo manejos similares. Por ello, la evaluación conjunta de forraje y grano permite comprender mejor el comportamiento productivo y el potencial de aprovechamiento integral del cultivo (Rodríguez-Ortega et al., 2024).

En los cultivos forrajeros, la biomasa vegetal se refiere a la cantidad total de materia seca acumulada por la planta durante su crecimiento, la cual constituye la base del forraje disponible para la alimentación del ganado. Esta producción puede aprovecharse directamente como forraje fresco o conservarse mediante procesos como el ensilaje, lo que permite disponer de alimento para los animales en diferentes periodos del año. En este contexto, las especies forrajeras desempeñan un papel fundamental dentro de los sistemas agrícolas y pecuarios, ya que su

productividad y adaptación influyen directamente en la disponibilidad de alimento para el ganado (Andrés, 2005).

La productividad depende tanto de la cantidad de biomasa acumulada por unidad de superficie como de su distribución entre los órganos de la planta. La proporción de tallos, hojas y estructuras reproductivas afecta directamente la calidad nutricional y el comportamiento del forraje durante el ensilaje (Godina *et al.*, 2020).

Desde el punto de vista de la producción forrajera, la morfología del maíz es un factor importante, ya que sus características estructurales influyen en la cantidad y calidad del forraje producido. La planta se caracteriza por su porte alto, tallos robustos y hojas largas y anchas, lo que favorece la acumulación de biomasa aérea (Jugenheimer, 1988, pp. 40–45).

Entre los caracteres agronómicos más importantes del maíz se encuentran la altura de la planta, el número y tamaño de hojas, el diámetro del tallo y el desarrollo de la mazorca, ya que estos influyen directamente en la acumulación de biomasa. De acuerdo con Reyes-Castañeda (1990, pp. 45–60), los materiales de maíz con mayor desarrollo vegetativo y mayor altura de planta tienden a producir mayores cantidades de biomasa, lo que favorece su aprovechamiento como forraje cuando se utiliza la planta completa. Asimismo, las poblaciones nativas presentan una amplia variabilidad morfológica asociada a su adaptación a distintos ambientes agrícolas.

2.4 Maíces nativos

Las poblaciones nativas de maíz generalmente presentan una mayor acumulación de biomasa vegetativa, la cual se distribuye principalmente en los tallos y las hojas de la planta. Este comportamiento contrasta con el observado en muchos materiales mejorados, que han sido desarrollados mediante programas de mejoramiento genético enfocados principalmente en incrementar el rendimiento de grano, lo que favorece una mayor asignación de biomasa hacia la mazorca. Estas diferencias en

el patrón de distribución de la biomasa dentro de la planta reflejan los distintos objetivos de selección a los que han sido sometidos los genotipos a lo largo del tiempo. En el caso de los maíces criollos o nativos, la mayor proporción de estructuras vegetativas puede resultar ventajosa cuando el cultivo se destina a la producción de forraje, ya que contribuye a aumentar la cantidad total de materia vegetal disponible para la alimentación animal. Además, la proporción relativa de tallos, hojas y mazorca influye en características importantes del forraje, como su estructura física, contenido de fibra y potencial de aprovechamiento por el ganado, factores que adquieren especial relevancia en los sistemas pecuarios donde el maíz es utilizado de forma integral como fuente de alimento (Peña et al., 2012).

En los sistemas agrícolas tradicionales, las poblaciones nativas cumplen una función multifuncional: proveen grano para consumo humano, forraje y esquilmos para la alimentación animal. Su permanencia en estos sistemas se explica por un proceso continuo de selección empírica por parte de los agricultores, orientado no solo a la producción de grano, sino también a generar biomasa útil. Bajo condiciones de temporal y manejo tradicional, los maíces nativos pueden alcanzar rendimientos de biomasa comparables o superiores a los de materiales mejorados, mostrando un elevado potencial forrajero (Godina et al., 2020). La diversidad genética presente en los maíces nativos representa un recurso valioso para su utilización en la producción de biomasa y forraje, ya que esta variabilidad permite encontrar materiales con diferentes niveles de adaptación y productividad. El estudio de características agronómicas relacionadas con la producción de forraje, como el rendimiento de forraje verde y la cantidad de materia seca producida, resulta fundamental para identificar poblaciones con mayor capacidad de generación de biomasa y con buen desempeño bajo condiciones ambientales específicas.

En este contexto, la evaluación de estas variables proporciona información útil para comparar el comportamiento productivo de distintos genotipos de maíz y seleccionar aquellos que presentan mejores características para sistemas de producción forrajera. Además, la aplicación de índices de selección permite integrar en un solo

criterio varias características agronómicas relevantes, lo que facilita la identificación de materiales superiores desde el punto de vista productivo.

El uso de este tipo de herramientas en programas de evaluación y mejoramiento contribuye tanto al aprovechamiento eficiente de los maíces nativos como a la conservación de su diversidad genética, al permitir reconocer y valorar aquellos genotipos con mayor potencial para la producción de forraje y biomasa en diferentes condiciones de cultivo (Tucuch-Cauich et al., 2011).

Asimismo, investigaciones recientes han demostrado que el rendimiento de forraje y la producción de materia seca en maíces de doble propósito están estrechamente relacionados con la etapa fenológica en la que se realiza la cosecha. Durante el desarrollo del cultivo, la acumulación de biomasa varía de acuerdo con los procesos fisiológicos que ocurren en cada fase del crecimiento, lo que influye directamente en la cantidad y calidad del forraje obtenido. En este sentido, se ha observado que la mayor producción de biomasa suele alcanzarse cuando el corte se realiza en etapas intermedias del desarrollo del grano, particularmente en el estado lechoso-masoso, debido a que en esta fase la planta mantiene un equilibrio entre el crecimiento vegetativo y el llenado del grano. En contraste, cuando la cosecha se retrasa hasta etapas más avanzadas, como la madurez fisiológica o la madurez comercial, el rendimiento de forraje y de materia seca puede disminuir debido al avance del proceso de senescencia y a la redistribución de nutrientes hacia el grano. Estos resultados evidencian la importancia de considerar los factores fenológicos y el manejo oportuno del cultivo al momento de evaluar el potencial productivo de los maíces nativos dentro de sistemas agrícolas tradicionales, ya que la definición adecuada del momento de cosecha puede contribuir a optimizar tanto la producción de forraje como el aprovechamiento integral del cultivo (Torrero-Garza et al., 2025).

2.5. Distribución morfológica de la biomasa en la planta de maíz

La planta de maíz presenta una estructura morfológica bien definida, compuesta por un tallo erecto, hojas alargadas y órganos reproductivos diferenciados, cuya disposición influye en su desarrollo y en la producción de biomasa. Estas características permiten que el cultivo pueda ser aprovechado eficientemente como forraje. Desde el punto de vista agronómico, el análisis de estas estructuras facilita comprender cómo la arquitectura de la planta influye tanto en el rendimiento como en la calidad del forraje, particularmente cuando se evalúan materiales con diferentes orígenes genéticos y distintos niveles de adaptación a condiciones ambientales variables (Jugenheimer, 1988, pp. 40–45).

Esta aproximación resulta particularmente importante en el estudio del maíz con fines forrajeros, ya que permite interpretar el comportamiento productivo de la planta a partir de la forma y proporción de sus componentes.

En este contexto, en el maíz forrajero la biomasa no se distribuye de manera uniforme entre los distintos órganos de la planta. La proporción relativa de tallos, hojas y estructuras reproductivas tiene un efecto directo sobre la calidad del forraje y sobre su comportamiento durante el proceso de ensilado, debido a que cada componente aporta características específicas que influyen en la digestibilidad y en el valor energético del material obtenido.

Así, mientras algunos órganos contribuyen principalmente a la acumulación de materia seca, otros aportan fracciones de mayor calidad nutricional, lo que hace evidente la importancia de evaluar la distribución de la biomasa dentro de la planta para comprender su potencial forrajero (Godina *et al.*, 2020).

Esta distribución varía según el genotipo, las condiciones ambientales y el ciclo de cultivo. En ambientes favorables, la mazorca puede aportar hasta 47 % de la materia seca total, mientras que en condiciones restrictivas se incrementa la participación de tallos y hojas, lo que puede afectar la calidad nutricional del forraje (Granados-Niño *et al.*, 2022).

El tallo constituye un componente clave dentro de la producción de forraje en el maíz, ya que aporta una proporción considerable del rendimiento total de materia seca y contribuye de manera importante a la disponibilidad de alimento en los sistemas de producción animal. Su participación dentro de la biomasa total de la planta hace que tenga un peso significativo en la cantidad de forraje producido; sin embargo, cuando el tallo predomina en exceso, puede influir negativamente en la calidad del forraje debido a su mayor contenido de fibra, lo que repercute en la digestibilidad del material y en su aprovechamiento por el ganado. Por ello, la proporción que ocupa el tallo dentro de la planta es un aspecto relevante a considerar al evaluar el potencial forrajero del maíz (Godina *et al.*, 2020).

Desde el punto de vista morfológico, el tallo del maíz es una estructura erecta y cilíndrica, conformada por nudos e internudos, cuya función principal es proporcionar soporte a la planta y facilitar el transporte de agua y nutrientes hacia los diferentes órganos. Características como su longitud, diámetro y grado de lignificación influyen en la acumulación de materia seca y en la resistencia al acame, aspectos que resultan determinantes para el manejo del cultivo con fines forrajeros. Estas características estructurales también condicionan la proporción de tejidos fibrosos presentes en el forraje, lo que resalta la importancia de considerar la morfología del tallo al momento de definir prácticas de manejo orientadas a optimizar el rendimiento y el valor nutritivo del forraje (Núñez *et al.*, 2003).

Las hojas del maíz son estructuras alargadas y de forma lanceolada que se disponen de manera alterna a lo largo del tallo y están conformadas por una lámina foliar, una vaina y una lígula. Desde el punto de vista morfológico, características como el número total de hojas, su tamaño y su orientación influyen de manera directa en la superficie disponible para la captación de luz y, en consecuencia, en la

capacidad fotosintética de la planta. En el ámbito forrajero, las hojas adquieren especial relevancia, ya que además de ser el principal sitio de producción de asimilados, aportan una fracción de biomasa de mayor calidad nutricional en comparación con el tallo. Por ello, los materiales que desarrollan un follaje más abundante y bien distribuido tienden a presentar una mayor acumulación de biomasa y un mejor rendimiento de forraje, particularmente en condiciones de trópico húmedo. Asimismo, la presencia de hojas ubicadas por encima de la espiga contribuye a una arquitectura vegetal más eficiente, favoreciendo la producción de materia seca útil para la alimentación animal (Sánchez *et al.*, 2019). Desde el punto de vista de la caracterización fenotípica del maíz, las hojas representan un componente relevante en la evaluación del potencial forrajero de los diferentes genotipos. Peña *et al.* (2012) señalan que la distribución de los órganos de la planta influye en la producción y calidad del forraje, por lo que características como el número de hojas por planta, su tamaño y su disposición a lo largo del tallo permiten identificar diferencias morfológicas entre materiales. Estas variaciones pueden reflejar cambios en la capacidad de acumulación de biomasa y en la calidad del forraje. En este sentido, una mayor proporción de tejido foliar dentro de la planta suele asociarse con una relación hoja–tallo más favorable, lo que contribuye a mejorar el aprovechamiento del material vegetal y la eficiencia en la acumulación de materia seca destinada a la alimentación animal. Asimismo, la proporción relativa de hojas, tallos y estructuras reproductivas influye en el rendimiento y en las características nutritivas del forraje, por lo que su análisis resulta fundamental en la evaluación agronómica de los materiales destinados a este propósito.

Al evaluar componentes morfológicos como la materia seca de hoja, tallo y mazorca, así como el número total de hojas y la relación hoja/tallo, se identificaron variaciones importantes entre genotipos. Los materiales con mayor número de hojas y una relación hoja/tallo más alto presentaron mayores valores de materia seca total, lo que sugiere que estas características pueden utilizarse como criterios para identificar genotipos con mayor potencial forrajero. Aunque la mazorca aportó una menor proporción de materia seca en algunos materiales, su contribución continúa siendo relevante dentro de la producción total de forraje (Godina *et al.*, 2020).

Finalmente, La vaina foliar es una estructura que envuelve parcialmente al tallo y cumple una función protectora y de sostén para la lámina foliar. Aunque su aporte a la biomasa total es menor en comparación con otros órganos de la planta, desde el punto de vista morfológico contribuye de manera importante a la conformación estructural y a la estabilidad del tallo. En este sentido, la vaina foliar desempeña un papel relevante en la arquitectura de la planta, ya que protege y sostiene los tejidos vegetativos, favoreciendo la integridad física del material vegetal. En estudios de caracterización forrajera, la vaina se considera parte del componente vegetativo que influye en la textura y compactación del forraje durante el ensilado, formando parte del conjunto de tejidos que determinan su comportamiento físico y su aprovechamiento en la alimentación animal (Andrés, 2005).

2.6. Factores ambientales que influyen en la producción de forraje de maíz

La acumulación de biomasa en el maíz forrajero está determinada principalmente por factores ambientales como la disponibilidad de agua, la temperatura y la duración del ciclo del cultivo. Las variaciones en estos factores modifican la distribución de la biomasa entre hojas, tallos y mazorca, influyendo en el rendimiento total de forraje y en su calidad nutricional. En condiciones de adecuada disponibilidad hídrica y temperaturas óptimas, la planta destina mayor biomasa a la mazorca, lo que aumenta los carbohidratos fermentables y mejora el valor energético del ensilado. En contraste, bajo condiciones restrictivas se favorece el desarrollo de tallos y hojas, incrementando la fracción estructural de la biomasa y reduciendo ligeramente la digestibilidad del forraje (Granados-Niño et al., 2022).

En escenarios de disponibilidad de agua limitada o precipitación irregular, el maíz nativo ha mostrado una notable capacidad para sostener la producción de biomasa aprovechable como forraje. Estudios realizados en ambientes semiáridos indican que la arquitectura de la planta, particularmente la proporción de hojas y la relación hoja/tallo, influye de manera directa en la acumulación de materia seca total, lo que

permite mantener un rendimiento forrajero relativamente estable incluso bajo condiciones de estrés hídrico (Godina *et al.*, 2020). De forma complementaria, investigaciones desarrolladas en maíces adaptados al trópico húmedo señalan que el número total de hojas y la distribución foliar por encima de la espiga son factores determinantes para una producción constante de biomasa, ya que una mayor cobertura foliar incrementa la eficiencia fotosintética y contribuye a la estabilidad del rendimiento forrajero (Sánchez *et al.*, 2019). La composición morfológica y el ciclo del cultivo influyen en la cantidad y calidad del forraje. Algunos genotipos con mayor proporción de hojas y tallos mantienen buena producción de materia seca y calidad nutricional, por lo que la selección de variedades adecuadas es clave para optimizar el rendimiento (Granados-Niño *et al.*, 2022).

2.7. Parámetros de calidad forrajera del maíz

La calidad del forraje de maíz se evalúa principalmente a partir de su composición química y de su valor nutritivo, factores que determinan el grado de aprovechamiento por parte de los animales. Entre los parámetros más utilizados para su evaluación se encuentran el contenido de proteína cruda, la fibra, la digestibilidad y la materia seca, debido a su influencia directa en el consumo y en la eficiencia alimenticia del ganado (Cabrales *et al.*, 2007).

El maíz es un forraje ampliamente utilizado debido a su alta productividad y su elevado contenido energético asociado principalmente al almidón; sin embargo, presenta un contenido relativamente bajo de proteína, por lo que en la alimentación animal suele complementarse con otras fuentes proteicas para formular dietas equilibradas (Núñez *et al.*, 2003). En evaluaciones realizadas con diferentes genotipos de maíz se han reportado variaciones importantes en los parámetros de calidad del forraje. Basit, *et al.* (2018) documentaron contenidos de materia seca que oscilaron entre 18.1 y 31.93 %, mientras que los valores de proteína cruda variaron de 5.47 a 9.2 %. Asimismo, la fibra cruda presentó rangos de 24.66 a 32.33 %, lo que evidencia la influencia del material genético y de las condiciones de cultivo sobre la composición nutricional del forraje.

La calidad nutricional del forraje de maíz se determina a partir de diversos indicadores químicos y energéticos que permiten estimar su valor alimenticio para el ganado. Entre los parámetros más utilizados para esta evaluación se encuentran el contenido de proteína cruda, la fibra detergente neutra (FDN), la fibra detergente ácida (FDA), la digestibilidad de la materia seca y la energía neta de lactancia, los cuales influyen directamente en el consumo del forraje y en la eficiencia con la que los animales pueden aprovechar los nutrientes presentes en el material vegetal. Estos indicadores permiten valorar no solo la cantidad de nutrientes disponibles, sino también la capacidad del forraje para contribuir al desempeño productivo del ganado.

La variación en estos componentes está estrechamente relacionada con factores agronómicos y fisiológicos del cultivo, como la distribución de la biomasa entre los diferentes órganos de la planta, el genotipo utilizado y las condiciones ambientales y de manejo bajo las cuales se desarrolla el cultivo. En este sentido, las diferencias en la proporción de hojas, tallos y estructuras reproductivas pueden modificar la composición química del forraje y, por lo tanto, su valor nutritivo. De acuerdo con lo reportado por Ramírez et al. (2024), estos factores influyen de manera importante en la acumulación de materia seca y en la calidad nutricional del forraje de maíz, lo que explica la variabilidad observada entre híbridos y entre distintos momentos de cosecha.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3. Material genético

El material genético se constituyó de 15 poblaciones de maíz amarillo nativo procedentes de cinco grupos raciales del estado de Coahuila (Celaya, Ratón, Tuxpeño, Cónico Norteño y Tuxpeño Norteño) (Cuadro 1). Las poblaciones fueron sometidas a un ciclo de selección recurrente; estas fueron seleccionadas a partir de las accesiones de colectas resguardadas en el Centro de Semillas Ortodoxas Región Norte, ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Los genotipos testigo fueron cuatro híbridos procedentes del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, desarrollados para la producción de forraje, además de una variedad sintética.

Cuadro 1. Poblaciones de maíz amarillo nativo de Coahuila procedentes de cinco grupos raciales, área de adaptación y los testigos empleados en la evaluación

Grupo Racial	Población	Área de adaptación*
Cónico Norteño	COAH003,	Alta, transición, intermedia
Ratón	COAH016, COAH077, COAH079, COAH077, COAH223, COAH238	Baja, intermedia
Tuxpeño	COAH177, COAH089, COAH213, COAH182, COAH215	Baja, intermedia
Tuxpeño Norteño	COAH069, COAH178	Baja, intermedia
Celaya	COAH075	Intermedia
Testigos	INI-2010293, INI-224142, INI-227172, INI-228313	Intermedio, transición
VS	UAAAN	Intermedia, transición

*Alta (>2000 m), Transición (1801-2000 m), Intermedia (1001-1800 m) y Baja (0-1000 m).

3.2 Localización del sitio experimental

El estudio se realizó durante el ciclo primavera–verano (PV) 2024 en “El Bajío”, Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. El clima es seco semicálido, con invierno fresco, lluvias en verano, el suelo es de textura migajón y migajón arcilloso, con bajos contenidos de materia orgánica y poseen una capa subyacente de carbonato de calcio. La evaluación será realizada bajo condiciones de riego.

Cuadro 2. Coordenadas geográficas y climáticas de las localidades de evaluación 2024

Coordenadas geográficas	El Bajío, Buenavista, Saltillo, Coahuila.
Latitud Norte	25° 21' 26" N
Longitud Oeste	101° 02' 24" W
Altitud (msnm)	1742
Temperatura media anual.	19.8 °C
Precipitación	240mm

3.3 Manejo agronómico

Siembra. La siembra se realizó el día 6 de mayo de 2024 en suelo seco proporcionado riego por goteo posterior a la siembra.

Riego. Se aplicó mediante el sistema por goteo; la frecuencia del riego estuvo definido por las necesidades del cultivo, y se modificó acorde con la disponibilidad del agua y las condiciones meteorológicas del lugar.

La fertilización se realizó con una dosis 120-60-60 con Triple 17 (17-17-17) y Urea (46-00-00); aplicando el 50 % de nitrógeno y el 100 % de fósforo y potasio al momento de la siembra; el otro 50 % de nitrógeno se aplicó 30 días después de la siembra al momento del aporque.

Labores culturales. Se realizará el aclareo, escarda y aporque. La aplicación de insecticidas y herbicidas se realizará de acuerdo con el desarrollo y necesidades del cultivo en cada localidad de estudio.

3.4 Diseño experimental

El material experimental se establecerá bajo un diseño de bloques completos al azar, con dos repeticiones en surcos. La unidad experimental se conformará por un surco de 4 m de longitud, donde se depositarán 32 semillas a una distancia entre plantas de 0.2 m y con una distancia entre surcos de 0.80 m.

3.5 variables evaluadas

La caracterización agronómica se realizará con base en las siguientes variables:

Floración masculina (DFM): Se determinará a partir del conteo de los días transcurridos desde la siembra hasta el momento de la floración cuando el 50 % + 1 de las plantas presentan antesis.

Altura de planta (APTA): Se obtendrá midiendo (cm) una planta promedio con competencia completa en cada repetición, considerando la longitud de la base del tallo hasta el punto donde la espiga empieza a ramificarse.

Área foliar (AF) (cm²): Se obtuvo al multiplicar largo de la hoja x ancho de la hoja x 0.75, de la hoja de la mazorca superior (Elings, 2000).

Rendimiento de grano (RTO en t ha⁻¹ y ajustado al 14 % de humedad): Se estimó considerando el porcentaje de desgrane y el peso seco (PS) con un factor de conversión (FC) considerando el siguiente procedimiento:

Para estimar el peso seco (PS) se multiplicará el peso de campo de grano por el contenido de humedad en la unidad experimental:

$$FC = [(100 / 86) \times (10,000 / APU)] / 1,000$$

Donde:

Área de la parcela útil (APU), se determinará mediante un número de plantas por unidad experimental: la distancia entre plantas por distancia entre surcos (21 x 0.20

x 0.85 m); $100 / 86$ que es el coeficiente para obtener el rendimiento al 14 % de contenido de humedad del grano; 1,000 es un valor constante usado para calcular el rendimiento por ha; y 10,000 es la superficie de una hectárea en m^2 .

Producción de forraje

Para realizar la caracterización de la producción de forraje de la planta de maíz se utilizó el mismo material genético del cuadro 1, en el mismo sitio experimental y el manejo agronómico descrito en el

El material experimental se estableció en un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones.

El estudio de la producción de forraje verde consistió en seccionar las estructuras vegetales de seis plantas con competencia completa, representativas de cada población, justo en la línea de $\frac{3}{4}$ línea de leche del elote; con ayuda de una balanza semianalítica se obtuvo el peso fresco y seco en gramos de las siguientes estructuras vegetales: hojas, tallo, espiga, elote, vainas, brácteas y con la sumatoria se obtuvo el total.

Considerando la unidad experimental, el número de plantas en cada parcela, y el peso fresco total de las plantas se estimó la producción del forraje verde total en $t\ ha^{-1}$.

Análisis de los datos

Con la información obtenida se realizó el análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey.

IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de varianza

En el cuadro 3, se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza de las características agronómicas de los genotipos estudiados para caracterizar la producción de forraje.

De acuerdo con el análisis de varianza, se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre genotipos (poblaciones e híbridos) para la mayoría de las características estudiadas, lo que evidencia un desempeño agronómico contrastante entre los materiales, particularmente en las poblaciones nativas, dado su diferente origen ecológico y racial. En contraste, la altura de planta (APTA) no presentó diferencias estadísticas significativas, lo que sugiere una expresión relativamente homogénea de este carácter bajo las condiciones del estudio. Las poblaciones mostraron significancia similar a los genotipos, confirmando la existencia de variación entre poblaciones, excepto en APTA.

Los Híbridos mostraron homogeneidad en el RTO y DFM, mientras hubo diferencias significativas para APTA ($P \leq 0.05$) y altamente significativas para el área foliar (AF) ($P \leq 0.01$), lo que refleja un comportamiento diferencial de estos materiales en dichos caracteres y que contrastó con respecto a las poblaciones, al no mostrar variación en el rendimiento de grano y floración.

La comparación Poblaciones vs Híbridos presentó efectos altamente significativos ($P \leq 0.01$). Esto significa que los grupos mostraron comportamientos contrastantes en cada una de las variables evaluadas

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza para las características agronómicas y área foliar de poblaciones de grano amarillo nativas de Coahuila evaluadas para la producción de forraje

FV	GL	RTO t ha ⁻¹		DFM D		APTA cm	AF cm ²	
Genotipos	19	11.28	**	34.98	**	1604.05	127355.86	**
Bloque	1	0.01		3.18		0.1	8394.19	
Poblaciones	14	6.68	**	31.47	**	1115.99	59652.1	**
Híbridos	4	26.8		1.89		2463.26 *	73870.56	**
POB vs Híbridos	1	13.66	**	209.79	**	6916.42 **	1289151.1	**
Error	179	1.62		4.79		733.27	6909.5	
CV(%)		13.728		3.17		9.22	11.46	

*= Significativo al 0.05 de probabilidad, **= Significativo al 0.01 de probabilidad. POB: Poblaciones; RTO: Rendimiento de grano; DFM: Días a floración masculina; APTA: Altura de la planta; AF: Área foliar, FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad y CV= Coeficiente de Variación.

En el Cuadro 3 se presentan los cuadrados medios obtenidos del análisis de varianza de las características morfológicas de la planta de maíz, utilizadas para evaluar la producción total de forraje y la participación de cada estructura en el rendimiento final. Los resultados mostraron que el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre los genotipos evaluados en todas las estructuras morfológicas analizadas. Esto indica que los materiales estudiados no presentaron un comportamiento uniforme, evidenciando variación en la expresión de sus estructuras vegetativas. Este comportamiento coincide con lo señalado por Godina et al. (2020), quienes mencionan que los maíces nativos presentan una amplia diversidad genética que se refleja en diferencias en la distribución de la biomasa y en la producción de forraje.

Las poblaciones evaluadas mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en todas las variables analizadas, lo cual puede explicarse por la diversidad genética y la

adaptación local que caracterizan a los maíces nativos, los cuales han sido conservados y seleccionados por los productores bajo diversas condiciones ambientales. Esta variabilidad permite que las poblaciones expresen diferencias en estructuras como tallo, hojas y espiga, influyendo directamente en la producción de forraje verde.

En el caso de los híbridos evaluados, también se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en la mayoría de las estructuras analizadas; sin embargo, los componentes correspondientes al tallo y la espiga no mostraron diferencias estadísticas entre los materiales estudiados. Este comportamiento sugiere que estos órganos presentaron una respuesta relativamente uniforme entre los híbridos evaluados. Esta uniformidad puede relacionarse con los procesos de mejoramiento genético utilizados en el desarrollo de híbridos comerciales, los cuales buscan obtener materiales con mayor estabilidad productiva, uniformidad morfológica y adaptación a diferentes ambientes de producción. En este sentido, se ha señalado que los programas de mejoramiento del maíz buscan seleccionar genotipos con características agronómicas más estables, lo que puede reflejarse en un comportamiento similar en algunos componentes estructurales de la planta (Vázquez-Carrillo et al., 2018).

A pesar de esta uniformidad en ciertos órganos, se observaron variaciones en otras estructuras vegetativas y reproductivas que podrían explicar las diferencias registradas en el rendimiento de forraje verde. En particular, estructuras como las hojas, las vainas y el elote tienen una participación importante en la acumulación de biomasa y en la contribución al valor nutritivo del material forrajero. En este sentido, Peña et al. (2012) mencionan que la proporción de los diferentes órganos de la planta, especialmente hojas, tallos y estructuras reproductivas, influye en la producción total de forraje y en la calidad del material destinado a la alimentación animal.

Asimismo, la significancia observada en la variable brácteas ($P \leq 0.05$) indica que esta estructura fue sensible a las diferencias entre híbridos, lo que sugiere que

algunos componentes asociados a la mazorca pueden presentar mayor variabilidad entre genotipos. Este comportamiento coincide con lo reportado por Ramírez et al. (2024), quienes señalan que la distribución de la biomasa y la participación relativa de las estructuras de la planta pueden variar entre híbridos de maíz forrajero, lo que influye tanto en la acumulación de materia seca como en la calidad nutricional del forraje.

Finalmente, la comparación Poblaciones × Híbridos mostró diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en la mayoría de las estructuras evaluadas excepto para vainas y brácteas, lo que indicó que estas estructuras tuvieron un comportamiento similar independientemente de la combinación de materiales. Este resultado sugiere que algunos componentes morfológicos fueron menos sensibles a la interacción genética y mantienen una expresión estable, como ha sido señalado en evaluaciones previas de maíz nativo y materiales mejorados (Godina *et al.*, 2020).

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza del peso fresco de las estructuras morfológicas de la planta de maíz de poblaciones de maíz amarillo nativo de Coahuila

FV	GL	TALLO gr	HOJAS GR	VAINAS gr	ELOTE gr	BRÁCTEAS gr	ESPIGA gr	TOTAL gr	RTOFV t ha ⁻¹
Genotipos	18	47829.3 **	6671.9 **	3930.8 **	24106.9 **	10246.9 **	297.8 **	237768.7 **	1024.7 **
Bloque	1	16.9	21.9	67.9	8050.5	3914.2	0.3	23191.9	100.0
Poblaciones	14	54578.3 **	6138.9 **	4542.1 **	13730.6 **	8754.6 **	253.6 **	233791.2 **	1007.2 **
Híbridos	3	8289.9	5073.6 **	2388.3 **	13839.1 **	20610.7 **	* 5.4	119922.0 **	517.7 **
Pob vs Híbridos	1	71961.7 **	0 **	0.1	200178.6 **	48.1	1794.0 **	646994.5 **	2789.3 **
Error		5340.0	797.5	439.8	2942.3	2861.7	10.0	26635.5	114.8
CV(%)		21.8	18.6	20.8	18.6	39.9	11.2	15.6	15.6
Media		334.9	151.7	100.7	291.2	133.8	28.1	1040.6	68.2

*=Significativo al 0.05 de probabilidad; **= Significativo al 0.01 de probabilidad; RTOFV= Rendimiento de forraje verde; FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad y CV= Coeficiente de Variación; Pob=poblaciones.

En el cuadro 5 se presentan los valores medios del rendimiento de grano y las características agronómicas asociadas. La población COAH089 registró el mayor rendimiento, con 12 t ha^{-1} , con un periodo de floración precoz (69.5 días), una altura de planta de 335.5 cm y un área foliar de 695.77 cm^2 ; además se encontraron otras cuatro poblaciones con al menos 10 t ha^{-1} de RTO; no obstante, hubo cuando menos 2.5 t ha^{-1} de diferencia con respecto al mejor testigo. En contraste, las poblaciones COAH223 y COAH238, ambas de la raza Ratón, presentaron los rendimientos más bajos (6.1 t ha^{-1}), lo que representa una diferencia de 5.9 t ha^{-1} respecto a la población de mayor rendimiento.

La variabilidad en los días a floración masculina influyó en el comportamiento productivo. Las poblaciones COAH223 y COAH213 fueron las más precoces (62 días), mientras que COH003 fue la más tardía (74.5 días), con una diferencia de 12.5 días, lo que afecta la duración del periodo vegetativo y la acumulación de biomasa previa al llenado de grano. Rodríguez *et al.* (2024) señalaron que materiales con floración masculina intermedia (68–75 días) alcanzan rendimientos de grano superiores a 10 t ha^{-1} , mientras que una floración precoz reduce la acumulación de asimilados y limita el rendimiento.

En el caso de los híbridos de INIFAP y la variedad UAAAN, el híbrido INI20102 presentó el mayor rendimiento, con 14.7 t ha^{-1} , en comparación con la variedad UAAAN, que registró 4.7 t ha^{-1} , observándose una diferencia de 7.5 t ha^{-1} . En cuanto a los días a floración, tanto el híbrido INI22414 como la variedad UAAAN presentaron el mismo valor (74 días), lo que indicó que las diferencias de rendimiento no se atribuyen a la floración. Respecto a la altura de planta, el mayor valor se observó en INI20102, con 310.5 cm, mientras que el mayor valor de área foliar correspondió al híbrido INI22414, con $1,008.13 \text{ cm}^2$.

El área foliar entre las poblaciones fue de 824.31 a 565.30 cm^2 , donde destacó COAH079, seguido de COAH075, COAH003, COAH182 y COAH016; sin embargo, se encontró de forma general que los híbridos poseen mayor área foliar con respecto a las poblaciones.

Asimismo, el efecto positivo del área foliar sobre el rendimiento de grano observado en este estudio concuerda con lo reportado por Granados-Niño *et al.* (2022), quienes señalaron que genotipos con mayor área foliar presentan una mayor capacidad fotosintética y una mayor acumulación de biomasa, lo que incrementa la cantidad de asimilados disponibles para la formación de órganos reproductivos. En su estudio, incrementos en el desarrollo foliar se asociaron con aumentos productivos de hasta 3–4 t ha⁻¹, lo cual coincide con la diferencia de 5.9 t ha⁻¹ registrada entre COAH089 y las poblaciones de menor rendimiento (COAH223 y COAH238). En este sentido, diversos estudios sobre híbridos de maíz indican que el área foliar influye significativamente en el rendimiento, especialmente cuando la planta presenta una adecuada movilización de asimilados hacia la mazorca (Rodríguez-Ortega *et al.*, 2024)

Cuadro 5 .Valores medios de las características agronómicas y área foliar de poblaciones de grano amarillo nativas de Coahuila evaluadas para la producción de forraje.

Raza	Poblaciones	RTO t ha ⁻¹		DFM D		APTA cm		AF cm ²	
Ratón	COAH016	10.0	abcd	69.0	ab	310.0	A	739.01	abc
	COAH077A	11.6	ab	69.5	ab	325.5	A	676.12	bcde
	COAH077	7.8	bcd	65.0	ab	285.0	A	611.11	cde
	COAH079	11.0	ab	71.0	ab	325.0	A	824.31	a
	COAH223	6.1	d	62.0	b	243.5	A	639.88	bcde
	COAH238	6.1	d	65.5	ab	299.0	A	579.1	de
Tuxpeño	COAH213	9.4	abcd	62.0	b	304.5	A	649.04	bcde
	COAH182	6.9	cd	72.5	A	289.5	A	756.72	ab
	COAH215	8.6	abcd	62.0	b	304.5	A	668.61	bcde
	COAH089	12.0	a	69.5	ab	335.5	A	695.77	abcde
	COAH177	8.0	bcd	66.5	ab	304.0	A	708.78	abcd
Tuxpeño norteño	COAH069	10.4	abc	69.0	ab	278.5	A	565.30	e
	COAH178	9.0	abcd	65.5	ab	280.0	A	571.16	e
Celaya	COAH075	8.7	abcd	71.5	ab	320.0	A	749.97	ab

Cónico Norteño	COAH003	8.5	abcd	74.5	A	281.5	A	748.73	ab
INIFAP	INI22414	12.2	ab	74.0	A	291.0	A	1008.13	a
	INI22717	10.0	ab	73.5	A	273.5	A	846.47	b
	INI20102	14.7	a	73.5	A	310.5	A	865.69	b
	INI22831	9.9	ab	71.5	A	273.0	A	785.84	b
UAAAN	Variedad	4.7	b	74.0	A	184.0	B	815.46	b
Poblaciones		8.9	b	67.7	b	299.1	A	720.51	b
Híbridos		10.3	a	73.2	A	275.6	B	864.32	a

RTO=rendimiento, DFM= Días a floración masculina, APTA=Altura de la planta, AF=Área foliar.

En el cuadro 6 se presenta la evaluación del peso total de la planta, obtenido a partir de la suma de sus estructuras morfológicas (tallo, hojas, vainas, elote, brácteas y espiga).

La población COAH016 registró el mayor peso total con 1,277.5 g, así como el mayor rendimiento de forraje verde, con 83.8 g. En contraste, la población COAH069 presentó un peso total de 652 g y un rendimiento de 42.8 g, evidenciando una diferencia marcada entre poblaciones.

El peso total no es suficiente para explicar el comportamiento forrajero, ya que es necesario considerar el aporte porcentual de cada estructura morfológica dentro del total de la planta, particularmente para la calidad del forraje. en este sentido, los resultados mostraron que tallo y elote fueron las estructuras con mayor contribución al total y a RTOFV, que resalta su papel determinante en la productividad forrajera del maíz.

El análisis de la distribución estructural de la biomasa permitió identificar la contribución relativa de cada órgano de la planta al peso total. A partir del peso total se calculó el porcentaje de aporte de cada estructura, donde el elote se distingue por su contribución de almidón y su influencia en el valor energético del forraje.

La población COAH182 presentó el segundo mayor peso total (1,214.8 g) y una distribución estructural relativamente equilibrada, con 12.7 % de elote y 33.7 % de tallo. En contraste, la población COAH075, perteneciente a la raza Celaya, registró un peso total similar (1,250.5 g), pero mostró una mayor proporción de tallo (39.5 %), lo que indica una mayor acumulación de biomasa estructural y una menor contribución relativa de estructuras con mayor valor energético, como el elote.

Estos resultados evidencian que el tallo y el elote son las estructuras que más contribuyen al peso total de la planta y, por lo tanto, al rendimiento de forraje verde, lo que resalta su importancia en la productividad y calidad forrajera del maíz. En las poblaciones evaluadas, el tallo fue la estructura con mayor aporte al peso total, con valores que oscilaron entre 31 y 39 %.

Sin embargo, se ha señalado que cuando la proporción de tallo supera aproximadamente 38–40 % del total de la planta, el incremento en el rendimiento forrajero tiende a ser limitado y puede disminuir la eficiencia del aprovechamiento del forraje. Este comportamiento se observa en la población COAH075 (Celaya), donde el tallo representó 39.5 % del peso total, mientras que el elote aportó 11.6 %.

De acuerdo con Andrés (2005), en el estudio y mejoramiento de las especies forrajeras se consideran diversas características morfológicas de la planta, entre ellas el desarrollo de los órganos vegetativos como el tallo, debido a que estos contribuyen de manera importante a la producción total de biomasa. La proporción y desarrollo de estas estructuras influyen en el rendimiento forrajero y en el aprovechamiento del material vegetal dentro de los sistemas de alimentación animal.

Las hojas contribuyeron con una fracción intermedia del TOTAL, entre 14 y 16 %, y desempeñaron un papel fundamental en el rendimiento forrajero. Sánchez (2019) señaló que genotipos con una proporción foliar cercana al 15 % mantienen una mayor actividad fotosintética durante el ciclo del cultivo, favoreciendo la acumulación de biomasa total y el desarrollo del elote. Este comportamiento coincide con las poblaciones que presentaron los mayores rendimientos de forraje verde en este estudio.

El elote constituye una de las estructuras más relevantes en la determinación de la eficiencia forrajera del maíz, debido a que concentra gran parte de los compuestos energéticos presentes en la planta. En el presente estudio, las poblaciones COAH182 y COAH003 registraron aportes del elote de 12.7 % y 11.5 % del peso total, respectivamente, valores superiores a los observados en otros materiales evaluados.

La composición morfológica de la planta de maíz influye tanto en el rendimiento como en la calidad del forraje. De acuerdo con Corral-Luna et al. (2010), prácticas de manejo como la altura de corte pueden modificar la proporción de los componentes de la planta, reduciendo la participación del tallo e incrementando la relación grano-forraje. En este sentido, la proporción de grano dentro de la biomasa puede variar aproximadamente de 26:74 a 32:68, lo que refleja cambios en la contribución de la mazorca en la biomasa total. Estas variaciones pueden favorecer el valor nutritivo del ensilado debido al mayor aporte energético proveniente del grano. En contraste, estructuras como vainas, brácteas y espiga aportaron en conjunto entre 9 y 16 % del peso total y mostraron una relación limitada con el incremento del rendimiento de forraje verde. Una mayor proporción de hojas o brácteas no siempre se traduce en incrementos en el rendimiento total de forraje, ya que la producción depende del equilibrio entre las diferentes estructuras de la planta, particularmente el desarrollo del tallo y la mazorca, que constituyen una parte importante de la biomasa total. Cuando estos órganos no se desarrollan adecuadamente, el aumento de otras estructuras no compensa la reducción en materia seca total, lo que limita el rendimiento del cultivo (Núñez et al., 2003). De forma similar, se ha reportado que el potencial productivo del maíz forrajero está estrechamente relacionado con la proporción y desarrollo de sus componentes morfológicos, ya que estos determinan la acumulación de biomasa y, por tanto, las toneladas de forraje producidas (Godina et al., 2020).

Las poblaciones nativas mostraron una mayor variabilidad en la distribución de la biomasa, lo que permitió identificar combinaciones estructurales más eficientes. Poblaciones como COAH016, COAH182 y COAH003 presentaron un patrón

equilibrado, con 31–34 % de tallo, 15–16 % de hojas y 11–13 % de elote, lo que favorece tanto el volumen de forraje como su calidad, Sánchez (2019) menciona que la arquitectura estructural de la planta de maíz influye en la forma en que se distribuye la biomasa entre los diferentes órganos, lo cual puede favorecer una transición más eficiente entre el crecimiento vegetativo y la etapa reproductiva, contribuyendo al incremento del rendimiento forrajero. En el presente estudio se observó un comportamiento similar en los híbridos evaluados por el INIFAP, los cuales mostraron una distribución de biomasa relativamente homogénea y una mayor estabilidad en su rendimiento. En particular, el híbrido INI22717 registró el mayor rendimiento de forraje verde (86 g) y un peso total de 1,310 g; sin embargo, la participación del elote fue relativamente baja (7.4 %), lo que sugiere que una mayor proporción de biomasa se concentró en estructuras vegetativas de la planta. Este tipo de distribución también ha sido observado en estudios sobre maíz forrajero, donde algunos genotipos presentan mayor acumulación de biomasa en hojas y tallos, característica que puede resultar favorable cuando el cultivo se destina al aprovechamiento de la planta completa como forraje (Rivas et al., 2020).

Rodríguez-Ortega (2024) indicó que híbridos con baja proporción de elote logran rendimientos elevados de forraje verde sustentados principalmente en estructuras vegetativas, aunque con menor aporte de biomasa energética.

Cuadro 6.Valores medios del peso fresco de las estructuras morfológicas de la planta de maíz de poblaciones de maíz amarillo nativo de Coahuila

DMS = Diferencia Mínima Significativa. Letras diferentes implican diferencias significativas, RTOFV=																			
		TALLO		HOJAS		VAINAS		ELOTE		BRACTEAS		ESPIGA		TOTAL		RTOFV			
Raza	Población	g		g		g		g		g		g		G		t ha ⁻¹			
Ratón	COAH016	435.3	ab	159.0	abc	107.7	bcd	391.0	a	163.2	abc	21.3	g	1277.5	a	83.8	a		
	COAH077A	347.0	bcde	138.5	abcd	76.8	de	327.8	ab	91.7	bc	24.8	efg	1006.7	abcd	66.1	abcd		
	COAH077	354.3	bcd	142.7	abcd	97.2	cde	253.7	b	174.8	ab	32.2	bcd	1054.8	abcd	69.2	abcd		
	COAH079	418.0	abc	160.2	abc	100.3	cde	270.7	b	131.5	abc	22.8	g	1103.5	abc	72.4	abc		
	COAH223	297.7	cdef	176.3	ab	110.0	bcd	274.8	ab	147.5	abc	40.2	a	1046.5	abcd	68.7	abcd		
	COAH238	223.8	efg	135.5	abcde	88.7	cde	305.5	ab	133.0	abc	32.8	bcd	919.3	bcde	60.3	bcde		
Tuxpeño	COAH213	294.8	cdefg	170.3	abc	110.2	bcd	251.8	b	177.0	ab	38.2	abc	1042.3	abcd	68.4	abcd		
	COAH182	409.8	abc	183.7	a	154.8	a	243.0	b	193.3	a	30.2	def	1214.8	ab	79.7	ab		
	COAH215	211.8	fg	122.3	bcde	73.8	de	237.0	b	95.0	bc	32.8	bcd	772.8	cde	50.7	cde		
	COAH089	355.0	bcd	154.7	abc	108.3	bcd	310.5	ab	142.3	abc	23.2	g	1094.0	abc	71.8	abc		
	COAH177	266.0	defg	77.8	e	70.3	de	217.5	b	75.3	c	22.8	g	729.8	de	47.9	de		
Tuxpeño Norteño	COAH069	169.5	g	92.3	de	58.3	e	222.8	b	77.8	c	31.7	cde	652.5	e	42.8	e		
	COAH178	200.7	fg	114.3	de	79.8	de	211.5	b	98.7	abc	36.2	abcd	741.2	de	48.6	de		
Celaya	COAH075	494.5	a	168.2	abc	145.3	ab	252.7	b	165.2	abc	24.7	fg	1250.5	ab	82.1	ab		
Cónico Norteño	COAH003	351.0	bcde	180.7	a	128.8	abc	273.5	b	146.3	abc	39.0	ab	1119.3	ab	73.5	ab		
INIFAP	INI22414	436.3	a	176.0	ab	103.7	ab	433.0	a	125.0	ab	21.7	a	1295.7	a	66.7	b		
	INI22717	353.7	a	172.7	ab	82.7	b	349.2	b	145.0	ab	20.5	a	1123.7	ab	86.0	a		
	INI20102	362.0	a	214.5	a	127.7	a	385.3	ab	201.2	a	19.3	a	1310.0	a	85.0	a		
	INI22831	382.3	a	143.7	b	89.2	b	322.0	b	59.2	b	20.3	a	1016.7	b	73.8	ab		
DMS																			
Poblaciones		322.0		145.1		100.7		269.6		134.2		30.2		1001.7		65.7			
Mejorados		383.6		a		176.7		100.8		372.4		132.6		20.4		1186.5		77.9	

Rendimiento de forraje verde.

V.CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidencian que el desempeño productivo del maíz, tanto para forraje como para grano, depende no solo de la cantidad total de biomasa producida, sino también del equilibrio en su distribución entre las estructuras vegetativas y reproductivas. En la producción de forraje, las poblaciones **COAH182** y **COAH003** destacaron por presentar una distribución más equilibrada de la biomasa, con un aporte relevante del elote, lo que favoreció tanto el rendimiento como la calidad energética del forraje. En contraste, Celaya (COAH075) e INI22717 mostraron un predominio de estructuras vegetativas y un bajo aporte del elote, condición que limitó su eficiencia forrajera.

En cuanto al rendimiento de grano, se observó una amplia variabilidad entre las poblaciones nativas, destacando **COAH089** por su mayor productividad, mientras que entre los híbridos **INI20102** presentó el mejor desempeño. En conjunto, los resultados confirman que las poblaciones **COAH182**, **COAH003** e **INI20102** concentran el mayor potencial productivo, mientras que materiales con desequilibrios estructurales, como **COAH069**, mostraron un desempeño limitado para sistemas de producción intensivos. Con base en estos resultados, **COAH182** se identifica como la población nativa con mayor potencial forrajero en el sureste de Coahuila, debido a su alto rendimiento de forraje verde y a una distribución equilibrada de la biomasa, lo que favorece tanto el volumen como la calidad del forraje y refleja una buena adaptación a las condiciones locales.

VI. REVISIÓN DE LITERATURA

1. Andrés, A. (2005). *El mejoramiento genético de las especies forrajeras*. Bayer Cropsience & Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino. https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_artificiales/41-mejoramiento_genetico_forrajeras.pdf
2. Basit, A., Khaliq, A., Pervez, A., Hayat, S., & Akhtar, M. (2018). Assessment of maize genotypes for forage yield and quality. *Journal of Plant Breeding and Genetics*, 6(1), 1–7.
3. Cabrales, R., Montoya, R., & Rivera, J. (2007). Evaluación agronómica de 25 genotipos de maíz (*Zea mays* L.) con fines forrajeros en el valle del Sinú medio. *Revista MVZ Córdoba*, 12(2), 1093–1101. <https://doi.org/10.21897/rmvz.427>
4. Corral-Luna, A., Domínguez-Díaz, D., Rodríguez-Almeida, F. A., Villalobos-Villalobos, G., Ortega-Gutiérrez, J. A., & Muro-Reyes, A. (2011). Valor nutricional, cinética de fermentación y producción estimada de leche en ensilajes de maíz cortado a diferentes alturas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 5(2), 279–283. <http://ricaxcan.uaz.edu.mx/jspui/bitstream/20.500.11845/874/1/Corral%20luna%20et%20al%202011%202.pdf>
5. Elings, A. (2000). Estimation of leaf area in tropical maize. *Agronomy Journal*, 92(3), 436–444. <https://doi.org/10.2134/agronj2000.923436x7>
6. Godina R. J. E., Garay, M. J. R., Mendoza P.S. I., Joaquín C.S., & Rocandio M. (2020). Rendimiento de forraje y composición morfológica de maíces nativos en condiciones semiáridas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(24), 59–68. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2358>
7. Granados-Niño, J. A., Sánchez-Duarte, J. I., Ochoa-Martínez, E., Rodríguez-Hernández, K., Reta-Sánchez, D. G., & López-Calderón, M. J. (2022). Efecto del ciclo de producción sobre el potencial de rendimiento y calidad nutricional del maíz forrajero en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias*

Agrícolas,13(SPE28),207–217.

<https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3276>

8. Guevara, F., Hernández, A., Ramírez, J., & López, M. (2019). Uso del maíz en la alimentación animal y su importancia en los sistemas productivos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(2), 421–435.
9. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). (2021). *El maíz, base en la seguridad alimentaria del mundo*. Gobierno de México.
<https://www.gob.mx/inifap/articulos/el-maiz-base-en-la-seguridad-alimentaria-del-mundo-agricultura>
10. Jugenheimer, R. W. (1988). *Maíz: variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas*. Limusa.
11. Nájera C. L. A., Rincón S. F., Ruiz T. N. A., & Castillo G. F. (2010). Potencial de rendimiento de poblaciones criollas de maíz de Coahuila, México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 33(Esp.4)31-36.
https://doi.org/10.35196/rfm.2010.Especial_4.31
12. Núñez, G., Contreras, E. F., & Faz, R. (2003). Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Técnica Pecuaria en México*, 41(1), 37–48.
13. Paliwal, R. (2001). *Mejoramiento del maíz por la selección recurrente*. FAO.
<https://www.fao.org/4/X7650S/x7650s15.htm>
14. Peña R. A., González C. F., Núñez H. G., Tovar G. M. R., Vidal M. V. A., & Ramírez D. J. L. (2012). Heterosis y aptitud combinatoria para producción y calidad de forraje en seis poblaciones de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3(3), 389–406
15. Ramírez G. D. E., Olmos C. J. J., Peña R. A., Sánchez D. J. I., Medina N. E., Gallardo R. S., & Santana O. I. (2024). Acumulación de materia seca, rendimiento y calidad nutricional del forraje de híbridos de maíz cosechados a diferentes días después de la siembra. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 15(2), 287–301.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v15i2.6554>

16. Reyes-Castañeda, P. (1990). *El maíz y su cultivo*. A.G.T. Editor.
17. Rivas J. M. A., Mendoza P. S. I., Sangerman J. D. M., Sánchez H. M. Á., Herrera C. C. A., & Rojas G. A. R. (2020). Evaluación forrajera de maíces de diversos orígenes de México en la región semiárida. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(SPE24), 93–104.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2361>
18. Rodríguez-Ortega, L. T., Landa-Salgado, P., Velázquez-Martínez, M., Hernández-Martínez, R., Mendoza-Pedroza, S. I., Hernández-Guzmán, F. J., & Hernández-Reséndiz, E. J. (2024). Rendimiento de forraje, grano y calidad de ensilado de maíces híbridos en el Valle de Tulancingo, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 47(4), 349–358.
<https://doi.org/10.35196/rfm.2024.4.349>
19. Sánchez H. M. Á., Cruz V. M., Sánchez H. C., Morales T. G., Rivas J. M. A., & Villanueva V. C. (2019). Rendimiento forrajero de maíces adaptados al trópico húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(3), 699–712. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1546>
20. Sánchez-Hernández, M. Á., Morales-Terán, G., Mendoza-Pedroza, S. I., Hernández-Bautista, J., Fraire-Cordero, S., & Rivas-Jacobo, M. A. (2021). Maíces nativos forrajeros del trópico húmedo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(4A), 755–764.
21. Sánchez-Ramírez, F. J., Rincón-Sánchez, F., Ruiz-Torres, N. A., & Sánchez-Sánchez, G. (2023). Agronomic characterization of pigmented native corn populations (*Zea mays* L.). *Agro Productividad*, 16(7), 3–10.
<https://doi.org/10.32854/agrop.v16i7.2159>
22. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2017). *Planeación agrícola nacional 2017–2030: Maíz grano blanco y amarillo mexicano*.
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256429/B_sico-Ma z Grano Blanco y Amarillo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256429/B_sico-Ma_z_Grano_Blanco_y_Amarillo.pdf)

23. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). *Anuario estadístico de la producción agrícola*. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
24. Torrero-Garza, Y., Rodríguez-Herrera, S. A., De la Cruz-Lázaro, E., & Palomo-Gil, A. (2025). Forage and grain yield at three phenological stages of dual-purpose maize. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 48(3), 223–231.
25. Tucuch-Cauich, C. A., Rodríguez-Herrera, S. A., Reyes-Valdés, M. H., Pat-Fernández, J. M., Tucuch-Cauich, F. M., & Córdova-Orellana, H. S. (2011). Índices de selección para producción de maíz forrajero. *Agronomía Mesoamericana*, 22(1), 123–132.
26. Vázquez-Carrillo, M. G., Preciado-Ortíz, R. E., Santiago-Ramos, D., Palacios-Rojas, N., Terrón-Ibarra, A., & Hernández-Calette, A. (2018). Estabilidad del rendimiento y calidad de grano y tortilla de nuevos híbridos de maíz con valor agregado para el subtrópico de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(4), 347–359.