



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
CAMPUS V



**Variedades provenientes de Selección Recurrente de Familias de
Medios Hermanos, en una población de maíz amarillo de
Ocozocoautla, Chiapas**

TESIS

Que para obtener el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
TROPICAL**

Presenta

SAÚL VELASCO MACÍAS PS2096

Director de tesis

DR. JUAN FRANCISCO AGUIRRE MEDINA

Codirector de tesis

DR. BULMARO DE JESÚS COUTIÑO ESTRADA

Villaflores, Chiapas, México

Julio, 2023



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS, *CAMPUS V.*
DIRECCIÓN**



Villaflores, Chiapas
23 de junio de 2023
Oficio N° FCACV/D/0737/23

**C. ING. SAÚL VELASCO MACÍAS
MAESTRANTE EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS *CAMPUS V*
P R E S E N T E.**

En atención a que usted ha presentado los votos aprobatorios del Honorable Jurado designado para su evaluación de posgrado, de la tesis titulada: **"Variedades provenientes de Selección Recurrente de Familias de Medios Hermanos, en una población de maíz amarillo de Ocozocoautla, Chiapas"**, por este conducto le comunico que se le autoriza la impresión del documento, de acuerdo a los lineamientos vigentes de la Universidad.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

**ATENTAMENTE
"POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR"**

**M. C. CARLOS ALBERTO VILLAZQUEZ SANABRIA
DIRECTOR**



C. c. p. Archivo

CAVS*marh.



Código: FO-113-05-05

Revisión: 0

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA TESIS DE TÍTULO Y/O GRADO.

El (la) suscrito (a) Saúl Velasco Macías,
Autor (a) de la tesis bajo el título de "Variedades provenientes de Selección Recurrente de Familias de Medios Hermanos en una población de maíz amarillo de Ocozocoautla, Chiapas," presentada y aprobada en el año 2023 como requisito para obtener el título o grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical, autorizo licencia a la Dirección del Sistema de Bibliotecas Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH), para que realice la difusión de la creación intelectual mencionada, con fines académicos para su consulta, reproducción parcial y/o total, citando la fuente, que contribuya a la divulgación del conocimiento humanístico, científico, tecnológico y de innovación que se produce en la Universidad, mediante la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Consulta del trabajo de título o de grado a través de la Biblioteca Digital de Tesis (BIDITE) del Sistema de Bibliotecas de la Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH) que incluye tesis de pregrado de todos los programas educativos de la Universidad, así como de los posgrados no registrados ni reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT.
- En el caso de tratarse de tesis de maestría y/o doctorado de programas educativos que sí se encuentren registrados y reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), podrán consultarse en el Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Chiapas (RIUNACH).

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a los 22 días del mes de Junio del año 2023.

Saúl Velasco Macías

Nombre y firma del Tesista

DEDICATORIA

Yo sé que fuiste tú, gracias Dios.

A mi esposa, Valeria, por creer en mí, por ser mi compañera y apoyo, porque siempre me motivas a ser mejor, como persona, amigo, hijo, esposo e investigador. Vamos a llegar muy lejos y cuando lo hagamos, solamente diré, lo logramos. Que nuestros hijos estén orgullosos de nosotros, que esto sea uno de tantos logros juntos, te amo con toda el alma y cada día agradezco a Dios por habernos encontrado.

A mi mamá, porque es responsable de lo que soy y he logrado hasta ahora, por cada risa, abrazo y llanto que me ha regalado. Tú formaste al hombre que soy ahora. Siéntete orgullosa, así como mi alma se llena de orgullo por ti, porque este logro es de los dos. Eres la mejor mamá. Te amo.

A mi papá, me enseñaste a no darme por vencido, a seguir adelante por difícil que se vea el camino. Gracias porque tú me heredaste el amor al campo, a la tierra. Venimos de grandes campesinos, gente de cacao, tabaco, ámbar y maíz. Gracias por siempre cuidar mi caminar, por siempre cuidar de mí. Eres el mejor papá. Te amo.

A mis papás, Teresa y Javier, Dios me dio la dicha de tener dos padres, por ustedes he llegado hasta donde estoy, desde que nací han visto por mí. Espero la vida me alcance para pagarles todo lo que me han dado. Los amo.

A mi hermana, Dani, has sido mi compañera desde que nací, siempre has cuidado y visto por mí. Te amo mucho hermanita y por muy lejos que nos encontremos, siempre estaremos presentes. Gracias porque eres mi ejemplo, que todo se puede y se logra. Espero que Juanito se sienta muy orgulloso de su tío. Te amo hermana. Gracias Óscar, por ser mi familia, compadre y cuñado, se te quiere.

A mi hermano Adrián, por alegrar mis días, motivarme a ser mejor y esforzarme, porque tú vienes atrás, pisando el mismo camino que yo y pretendo ser tu soporte, por más difícil y solitario que se vea la vida, siempre me tendrás a tu lado. Te amo.

A mi hermana Yesenia, porque siempre estás al pendiente de mí, por alegrarte de mis logros, eres muy importante para mí, te amo.

A mi tía Isela y mis hermanos, Jessica y Alonso porque siempre me motivan a seguir adelante con sus cuidados que han llegado más lejos que un simple consejo. Con mucho amor les agradezco todo el apoyo y cariño.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento económico otorgado para realizar y culminar los estudios de maestría.

A la Universidad Autónoma de Chiapas por aceptarme dentro de su programa de maestría, a los docentes e investigadores por compartir sus conocimientos y contribuir en mi formación profesional.

Al Campo Experimental Centro de Chiapas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); a los investigadores y trabajadores por las facilidades otorgadas durante la realización de los experimentos.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México (FESC-UNAM), mi alma mater por permitirme realizar mis pruebas de laboratorio, con todas las facilidades para su oportuna conclusión. Espero seguir poniendo tu nombre muy en alto.

Al doctor Bulmaro de Jesús Coutiño Estrada, quien confió en mis capacidades e impulsó mi desarrollo profesional, por sus consejos y amistad. Gracias por impulsarme a continuar por este maravilloso camino de la investigación. Todas las personas que tenga la oportunidad de seguir formando, así como yo, le estarán siempre agradecidos. Dios lo bendiga.

A la doctora Margarita Tadeo Robledo, por confiar en mí desde un inicio, por su apoyo, consejos y amistad. Solamente me queda decirle, gracias, porque me prometió que me ayudaría en todo lo posible para cumplir lo que en un inicio era mi meta, y después se convirtió en la suya, culminar mis estudios de maestría y en un futuro de doctorado. Es usted una extraordinaria investigadora, pero, sobre todo, una extraordinaria persona. Dios la bendiga.

Al doctor Job Zaragoza Esparza por siempre apoyarme, porque más que un mentor y profesor, ha sido un gran amigo. Las generaciones que tengan la dicha de conocerlo, jamás lo olvidarán. Se le estima mucho. Dios lo bendiga.

A los doctores, Juan Francisco Aguirre Medina, Francisco Cruz Chávez y Humberto León Velasco, por sus aportaciones y oportunas correcciones para la culminación de este trabajo de tesis.

A mi gran amigo, Carlos Ortega Romero, por su apoyo, amistad, paciencia y compañía en la realización de las pruebas de laboratorio, por su amistad sincera. Eres un extraordinario amigo. Se te quiere mi hermano.

CONTENIDO

RESUMEN	X
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVO	2
1.1.1. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. IMPORTANCIA DEL MAÍZ PARA GRANO.....	3
2.1.1. Producción de maíz amarillo a nivel mundial y nacional.....	4
2.1.2. Maíz amarillo en Chiapas	5
2.2. IMPORTANCIA DEL MAÍZ PARA FORRAJE.....	6
2.2.1. Producción de maíz forrajero en Chiapas.....	7
2.3. TÉCNICAS DE SELECCIÓN.....	7
2.3.1. Selección Recurrente	7
2.3.2. Medios hermanos/ selección mazorca por surco.....	8
2.4. HEREDABILIDAD	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1. ZONA DE ESTUDIO	9
3.2. GENOTIPOS UTILIZADOS.....	9
3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	10
3.4. MANEJO AGRONÓMICO	10
3.5. VARIABLES PARA EVALUAR EN PLANTAS	11
3.5.1. Días a floración masculina.....	11
3.5.2. Días a floración femenina	11
3.5.3. Altura de planta	11
3.5.4. Altura de la mazorca.....	11
3.6. VARIABLES PARA EVALUAR PRODUCCIÓN DE FORRAJE.....	11
3.6.1. Peso fresco de forraje.....	11
3.6.2. Peso fresco de cinco plantas.....	12
3.6.3. Peso fresco de elote	12
3.6.4. Peso fresco de plantas sin elote	12
3.6.5. Peso fresco de la muestra	12
3.6.6. Rendimiento de materia verde.....	12
3.6.7. Rendimiento de materia seca	12
3.6.8. Porcentaje de materia seca	13
3.6.9. Porcentaje de mazorca.....	13
3.6.10. Peso de mazorca seca	13
3.7. VARIABLES PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL FORRAJE	13

3.7.1. Porcentaje de proteína	14
3.7.2. Porcentaje de digestibilidad.....	14
3.7.3. Fibra detergente neutra y fibra detergente ácida (FDN y FDA)	16
3.7.4. Porcentaje de cenizas	16
3.8. VARIABLES PARA PRODUCCIÓN DE GRANO	17
3.8.1. Longitud de mazorca	17
3.8.2. Diámetro de mazorca	17
3.8.3. Diámetro de olote	17
3.8.4. Hileras por mazorca.....	17
3.8.5. Granos por hilera.....	18
3.8.6. Humedad de grano	18
3.8.7. Peso volumétrico del grano	18
3.8.8. Peso de doscientos granos	18
3.8.9. Porcentaje de grano/olote.....	18
3.8.12. Rendimiento de grano	18
3.9 Análisis estadísticos	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	20
4.1. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA DETERMINAR LA PRODUCTIVIDAD DE FORRAJE.....	20
V. CONCLUSIONES	38
VI. LITERATURA CITADA.....	39

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1.- CUADRADOS MEDIOS Y SIGNIFICANCIAS ESTADÍSTICAS PARA DETERMINAR LA PRODUCTIVIDAD DE FORRAJE DE 24 VARIEDADES DE MAÍZ AMARILLO EVALUADOS EN OCOZOCOAUTLA, CHIAPAS. O-I 2021.	20
CUADRO 2.- CUADRADOS MEDIOS Y SIGNIFICANCIAS ESTADÍSTICAS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE FORRAJE DE 24 VARIEDADES DE MAÍZ AMARILLO EVALUADOS EN OCOZOCOAUTLA, CHIAPAS. O-I 2021.	21
CUADRO 3.- COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA DETERMINAR EL RENDIMIENTO DE FORRAJE DE 24 VARIEDADES DE MAÍZ AMARILLO PARA EL CENTRO DE CHIAPAS. O-I 2021.	22
CUADRO 4.- COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE FORRAJE DE 24 VARIEDADES DE MAÍZ AMARILLO PARA EL CENTRO DE CHIAPAS. O-I 2021.	24
CUADRO 5.- CUADRADOS MEDIOS Y SIGNIFICANCIAS ESTADÍSTICAS OBTENIDOS DE 24 VARIEDADES DE MAÍZ AMARILLO EVALUADOS EN OCOZOCOAUTLA, CHIAPAS. O-I 2021.	26
CUADRO 6.- COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA DETERMINAR EL RENDIMIENTO DE GRANO DE 24 VARIEDADES DE MAÍZ AMARILLO PARA EL CENTRO DE CHIAPAS. O-I 2021.	27
CUADRO 7.- COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA DETERMINAR PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE GRANO DE 24 VARIEDADES DE MAÍZ AMARILLO PARA EL CENTRO DE CHIAPAS. O-I 2021.	28
CUADRO 8.- COEFICIENTES DE CORRELACIÓN SIMPLE PARA DIVERSAS VARIABLES DE 24 VARIEDADES DE MAÍZ AMARILLO PARA EL CENTRO DE CHIAPAS. O-I 2021.	30

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ZONA DE ESTUDIO, CAMPO EXPERIMENTAL CENTRO DE CHIAPAS.	9
FIGURA 3. REGRESIÓN LINEAL SIMPLE PARA LAS VARIABLES, DÍAS A FLORACIÓN FEMENINA Y DÍAS A FLORACIÓN MASCULINA.	32
FIGURA 4. REGRESIÓN LINEAL SIMPLE PARA LAS VARIABLES HUMEDAD DE GRANO Y PESO VOLUMÉTRICO DEL GRANO.	32
FIGURA 5. REGRESIÓN LINEAL SIMPLE PARA LAS VARIABLES PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD Y DÍAS A FLORACIÓN FEMENINA.	33
FIGURA 6. REGRESIÓN LINEAL SIMPLE PARA LAS VARIABLES PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD Y ALTURA DE PLANTA.	34
FIGURA 7. REGRESIÓN LINEAL SIMPLE PARA LAS VARIABLES RENDIMIENTO DE MATERIA VERDE Y SECA.	34
FIGURA 8. REGRESIÓN LINEAL SIMPLE PARA LAS VARIABLES PORCENTAJE DE MAZORCA Y FIBRA DETERGENTE NEUTRO.	35
FIGURA 9. REGRESIÓN LINEAL SIMPLE PARA LAS VARIABLES ALTURA DE PLANTA Y RENDIMIENTO DE MATERIA SECA.	36

RESUMEN

La importancia en la investigación del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en México se fundamenta por ser centro de origen. Es el cereal más importante a nivel mundial y el volumen cosechado en 2020 fue de 850 millones de toneladas. Para la población mexicana es el principal alimento, con un consumo de 160 kg per cápita por año, y a pesar que, en México se produjeron 27.1 millones de toneladas en el año 2020, no se alcanzó a cubrir la demanda interna.

El panorama para el estado de Chiapas en la producción de maíz amarillo y forrajero de alta calidad, no es alentador. La alimentación animal se basa en el pastoreo extensivo de otras gramíneas, y los productores en su mayoría ofrecen a sus animales forraje de baja calidad.

Ante dicha problemática, se evaluaron 23 variedades de maíz amarillo y una variedad criolla como testigo. En campo se sortearon en un diseño experimental látice triple rectangular 4 x 6 con el objetivo de determinar la productividad de grano, forraje y calidad forrajera en variedades provenientes de cuatro ciclos de Selección Recurrente de una población de maíz amarillo.

El experimento se estableció en el año 2021 en el Campo Experimental Centro de Chiapas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), municipio de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. La parcela experimental fue de un surco de 5 m de largo con distancia entre surcos de 75 cm y una planta cada 20 cm. La densidad de población aproximada fue de 66,000 plantas ha⁻¹.

Para determinar la productividad de grano se evaluaron las variables: rendimiento de grano, días a floración masculina, días a floración femenina, altura de planta y altura de la mazorca, humedad de grano, peso volumétrico del grano, peso de doscientos granos y porcentaje de grano/olote.

Para evaluar el rendimiento de forraje se evaluaron las siguientes variables: rendimiento de materia verde, rendimiento de materia seca, porcentaje de materia seca y porcentaje de mazorca. La calidad de forraje se evaluó con ayuda de las variables, porcentaje de proteína, porcentaje de digestibilidad, fibra detergente neutro, fibra detergente ácida y porcentaje de cenizas.

El análisis estadístico comprendió análisis de varianza, prueba múltiple de medias, análisis de correlación de Pearson para detectar la existencia de alguna correlación entre los caracteres evaluados, así como un análisis de regresión lineal múltiple.

El rendimiento promedio de las variedades evaluadas fue de 3 t ha⁻¹. La comparación de medias entre variedades en la variable rendimiento de grano, se presentan 4 grupos de significancia ubicando a la "Variedad Amarilla 1" (V1A) con el mayor rendimiento de grano al 12.3 % de humedad (5.23 t ha⁻¹) en comparación con el testigo, "V147A" y 14 variedades restantes.

En la comparación de medias para las variables humedad de grano, porcentaje de grano, peso volumétrico del grano y peso de 200 semillas, se presentó que, la “Variedad Amarilla 4” (VA4) con mayor humedad de grano y estadísticamente superior a las 16 variedades restantes. El hecho anterior puede explicar la variabilidad genética que presentan los genotipos al tener diferentes grados de humedad lo que se puede traducir en diferentes etapas de madurez fisiológica a pesar de tener mismos días a cosecha.

En las variables, porcentaje de digestibilidad, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y cenizas, se presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre variedades. Para porcentaje de proteína no se presentaron diferencias significativas, con un coeficiente de variación del 13.4 % y una media de 7.25 %. Para rendimiento de forraje verde la variedad “Amarilla 59” presentó mayor rendimiento de forraje (26 t ha^{-1}), junto con las variedades “Amarilla 119”, “Amarilla 1”, “Amarilla 85” y “Testigo”.

Las variables con correlación significativa fueron: floración femenina, floración masculina, peso volumétrico del grano, altura de planta, rendimiento de materia verde, porcentaje de mazorca, porcentaje de digestibilidad y fibra detergente neutro. Se concluye que las 24 variedades experimentales compiten favorablemente con las variedades criollas y comerciales que se cultivan en Chiapas, superando a la media nacional y estatal de 3.2 t ha^{-1} y 1.8 t ha^{-1} respectivamente.

Las variedades evaluadas presentaron bajos rendimientos de materia verde con una media de 21 t ha^{-1} y una media en rendimiento de materia seca de 8.4 t ha^{-1} posiblemente por las condiciones de humedad residual en las que se desarrolló el experimento.

Con base en el porcentaje de proteína, digestibilidad, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y cenizas, las variedades evaluadas se consideran maíces de alta calidad forrajera.

De acuerdo a los análisis de regresión y correlación, los días a floración femenina, así como la humedad del grano, son variables a considerar para obtener un buen rendimiento y calidad del grano

Palabras clave: forraje, rendimiento, digestibilidad, grano, proteína.

ABSTRACT

The importance of corn (*Zea mays* L.) research in Mexico is based on the fact that it is the center of origin. It is the most important cereal worldwide and the volume harvested in 2020 was 850 million tons. For the Mexican population, it is the main food, with a consumption of 160 kg per capita per year, and although 27.1 million tons were produced in Mexico in 2020, it was not enough to cover domestic demand.

The outlook for the state of Chiapas in the production of high quality yellow and forage corn is not encouraging. Animal feed is based on extensive grazing of other grasses, and most producers offer their animals low-quality forage.

In view of this problem, 23 varieties of yellow corn and a creole variety as a control were evaluated. In the field, they were drawn in a 4 x 6 rectangular triple lattice experimental design with the objective of determining the productivity of grain, forage and forage quality in varieties from four cycles of Recurrent Selection of a yellow corn population.

The experiment was established in the year 2021 at the Chiapas Center Experimental Field of the National Institute of Forestry, Agricultural and Livestock Research (INIFAP), municipality of Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. The experimental plot was a 5 m long furrow with a distance between furrows of 75 cm and a plant every 20 cm. The approximate population density was 66,000 plants ha⁻¹.

To determine grain productivity, the following variables were evaluated: grain yield, days to male flowering, days to female flowering, plant height and ear height, grain moisture, volumetric grain weight, weight of two hundred grains and percentage of grain/bunch.

To evaluate forage yield, the following variables were evaluated: green matter yield, dry matter yield, dry matter percentage and ear percentage. Forage quality was evaluated using the variables protein percentage, digestibility percentage, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and ash percentage.

Statistical analysis included analysis of variance, multiple mean test, Pearson correlation analysis to detect the existence of any correlation between the evaluated traits, as well as multiple linear regression analysis.

The average yield of the varieties evaluated was 3 t ha⁻¹. The comparison of means between varieties for grain yield showed 4 groups of significance, with "Yellow variety 1" (V1A) having the highest grain yield at 12.3% moisture (5.23 t ha⁻¹) compared to the control, "V147A" and 14 other varieties.

In the comparison of means for the variables grain moisture, grain percentage, volumetric weight of grain and weight of 200 seeds, the "Yellow Variety 4" (VA4) had the highest grain moisture and was statistically superior to the remaining 16 varieties. This fact may explain the genetic variability of the genotypes in having different degrees

of moisture, which can be translated into different stages of physiological maturity in spite of having the same days to harvest.

In the variables digestibility percentage, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and ash, there were significant differences ($p < 0.05$) between varieties. For protein percentage, there were no significant differences, with a coefficient of variation of 13.4% and a mean of 7.25%. For green forage yield, the variety "Amarilla 59" presented the highest forage yield (26 t ha⁻¹), together with the varieties "Amarilla 119", "Amarilla 1", "Amarilla 85" and "Testigo".

The variables with significant correlation were: female flowering, male flowering, volumetric grain weight, plant height, green matter yield, ear percentage, digestibility percentage and neutral detergent fiber. It is concluded that the 24 experimental varieties compete favorably with the creole and commercial varieties grown in Chiapas, surpassing the national and state average of 3.2 t ha⁻¹ and 1.8 t ha⁻¹ respectively.

The varieties evaluated showed low green matter yields with an average of 21 t ha⁻¹ and an average dry matter yield of 8.4 t ha⁻¹, possibly due to the residual moisture conditions in which the experiment was carried out.

Based on the percentage of protein, digestibility, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and ash, the varieties evaluated are considered to be high quality forage corn.

According to regression and correlation analyses, days to female flowering and grain moisture are variables to be considered to obtain good grain yield and quality.

Key words: forage, yield, digestibility, grain, protein.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo del cual se obtiene cada año la mayor producción mundial de grano (1,181 millones de toneladas) y en México que es su centro de origen, se producen 27.1 millones de toneladas, con un rendimiento medio de 3.2 t ha⁻¹, según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2022). Se siembran 8.5 millones de ha, en 2.3 millones de unidades de producción. En el caso del maíz amarillo, cada año se recurre a la importación de 18 millones de toneladas para satisfacer la demanda de grano y forraje para la producción de carne, leche y huevo. La demanda total es de 45.1 millones de toneladas, consumo total aparente.

En México, los ensilados de maíz generalmente tienen un valor energético bajo en comparación a ensilados en Estados Unidos de América y Europa. Lo anterior se atribuye al énfasis en el rendimiento de forraje por unidad de superficie, sin considerar la calidad nutritiva. La selección de variedades a cultivar es fundamental para mejorar esta situación. Chiapas, se caracteriza por su alta producción de ganado destinado para carne y leche. En el estado, se siembran 1, 236,751.41 hectáreas h y se cosechan 1, 212,203.86 t de toneladas de forraje de maíz en verde (SIAP, 2020).

El término Maíz criollo se utiliza por los agricultores para diferenciar un maíz nativo o adaptado a las condiciones agroecológicas de su región, de un tipo de maíz obtenido a través de programas de mejoramiento genético. Comúnmente son poblaciones heterogéneas, homoheterocigotas, desarrolladas y conservadas por los agricultores a través de múltiples generaciones de selección empírica para caracteres específicos, como textura de grano, color, forma de mazorca, sanidad, ciclo vegetativo, entre otros. Dichos maíces nativos son producto de la selección de manera práctica, realizado por el hombre desde tiempos inmemorables con la intervención del ambiente y en función de la presión ecológica, culinaria y conceptos metafísicos.

Recientemente se definió en la Ley de Fomento y Protección del Maíz Nativo (LFPMN) que los maíces nativos son razas de la categoría taxonómica *Zea mays* subespecie *mays* y que los campesinos y agricultores han cultivado y cultivan, a partir de semillas seleccionadas por sí mismos u obtenidas a través de intercambio, en evolución y diversificación constante, mismas que son identificadas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (DOF, 2020).

En el Campo Experimental Centro de Chiapas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) se formó una población de maíz de amplia base genética de grano amarillo, denominada “Población Amarilla”, cruzando germoplasma de un grupo de híbridos comerciales con un grupo

de variedades criollas de Ocozocoautla, Chiapas, con el objetivo de formar una variedad mejorada de polinización libre con genes de buen potencial de rendimiento y de adaptación. Al respecto, se han realizado cuatro ciclos de Selección Recurrente con la evaluación de 155 familias de medios hermanos maternos y recombinando genéticamente las mejores 32 familias, y las más sobresalientes serán la base para formar variedades experimentales (Coutiño *et al.*, 2019).

Ante la innovación continua de nuevas variedades en el mercado, es necesario formar y conocer el potencial de nuevas variedades para determinar su potencial de rendimiento y adaptabilidad a las condiciones ambientales que existen en las zonas tropicales de Chiapas. Por lo anterior, en el siguiente trabajo se proponen los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo

Conocer la productividad de grano, forraje y calidad forrajera en variedades experimentales provenientes de cuatro ciclos de Selección Recurrente realizados en una población de maíz amarillo.

1.1.1. Objetivos específicos

Evaluar las variedades resultantes de cuatro ciclos de Selección Recurrente para conocer su potencial en producción de grano y forraje.

Determinar la calidad de forraje en las variedades provenientes de la Selección Recurrente.

1.2. Hipótesis

En las variedades experimentales existen diferencias en rendimiento de grano, materia verde y materia seca.

Dentro de las variedades experimentales existen algunas con mayor calidad de forraje.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia del maíz para grano

En el mundo, la producción de grano de maíz fue de 1070 millones de toneladas en el 2018. Estados Unidos de América es el principal productor con 375.6 millones de toneladas, lo cual representa un 40.8%, seguido por países como China y Brasil con 192.7 y 70 millones de toneladas, respectivamente. México ocupa el séptimo lugar en producción de grano de maíz a nivel mundial; sin embargo, esto no es suficiente pues la demanda interna (45.1 millones de toneladas) tanto para consumo humano y animal, lo ubican como el principal importador de este grano (Turrent, 2009).

En la producción de maíz amarillo son cuatro entidades las que contribuyen con el 94 % de la producción total: Chihuahua con el 35 %, Jalisco con el 25 %, Tamaulipas con el 25 % y Chiapas con el 13 %.

Las importaciones de grano de maíz en México, comenzaron en la década de 1980, se incrementaron de 2.5 millones en 1994 a 8.0 millones en 2010, y para 2022 incrementó a 17 millones de toneladas. La tasa de rendimiento de grano de maíz del 2000 al 2010 en el país fue negativa (-0.32) el rendimiento promedio es de 3.2 t ha⁻¹.

En el 2017 el consumo nacional de maíz amarillo se incrementó a más de 14 millones de toneladas y, aunque la producción de este grano se incrementó a 3.5 millones de toneladas, no se logró cubrir la demanda nacional, y se estima que para el 2030 el consumo nacional se incrementará de 14 a 23 millones de toneladas; también se pronostica que la producción nacional se incrementará de 3.5 a 4.9 millones de toneladas. Este incremento en la producción no alcanzará a cubrir la demanda de la población, por lo que es necesario trabajar en el incremento en la producción nacional para reducir las importaciones (SAGARPA, 2017).

Figuroa *et al.* (2013) mencionan que en México la mayor parte de los agricultores destinan la producción de maíz para el autoconsumo. Utilizan todavía variedades locales y generalmente ellos mismos se encargan de producir su semilla. Se estima que la superficie sembrada con variedades mejoradas e híbridos en México es de apenas 20 %. Martínez *et al.* (2018) afirman que el uso de semillas mejoradas es un elemento clave para alcanzar niveles competitivos en la producción, pues las condiciones ambientales afectan menos a los cultivares mejorados adaptados a una región dada y el uso de insumos que requiere el proceso de producción se optimizan. La semilla mejorada aporta hasta 60 % del rendimiento final, por lo que es un insumo fundamental.

Debido a los altos costos de las semillas certificadas de híbridos de maíz, en muchas regiones agrícolas del país los productores prefieren cultivar variedades de

polinización libre, las cuales pueden ser de diferente ciclo vegetativo, de acuerdo a sus preferencias, necesidades de grano, o a sus condiciones ambientales y de producción; algunos de ellos argumentan que cultivan variedades de polinización libre porque la semilla es menos costosa que la de los híbridos, y la pueden seguir sembrando por varios años sin que su producción disminuya tanto como la de dichos híbridos (Coutiño *et al.* 2017). El costo de una bolsa de 60,000 semillas de una variedad mejorada actualmente fluctúa entre los 1,000 y 1,700 pesos mexicanos. En el caso de un híbrido, fluctúa entre los 1,800 hasta los 4,800 pesos mexicanos; siendo estos, en la mayoría de los casos, materiales desarrollados para otras regiones del mundo o del país.

Las semillas criollas son resultado de los mejores individuos por selección visual que realiza el productor y frecuentemente vendida entre ellos mismos, con un precio que varía en gran medida, entre los 500 y 900 pesos mexicanos por costales de 50 kg (Tucch, I., comunicación personal, junio 2022).

2.1.1. Producción de maíz amarillo a nivel mundial y nacional

La mayor parte del maíz amarillo producido en el mundo es destinado a la alimentación animal y en menor medida al procesamiento industrial con fines de obtención de diferentes subproductos e insumos para diversas industrias. Recientemente el uso del maíz para la obtención de etanol ha tenido una gran demanda, principalmente en el mercado estadounidense. La producción de maíz blanco en Estados Unidos se realiza con miras en el mercado internacional, principalmente de acuerdo a las expectativas de producción en México, que es el destino de alrededor de 75 % de la producción de maíz blanco estadounidense (Polanco y Flores, 2008).

El precio internacional de maíz amarillo aumentó al incorporarse a la elaboración de etanol. Por lo tanto, el uso de semilla mejorada es un elemento clave para alcanzar niveles competitivos en la producción, pues las condiciones ambientales afectan menos los cultivares mejorados *ex profeso* para una región dada y el uso de insumos que requiere el proceso de producción se optimizan. La semilla mejorada aporta hasta 60 % del rendimiento final, por lo que es un insumo fundamental (Martínez *et al.* 2017).

En México es necesario aumentar la producción de maíz de grano amarillo para subsanar la demanda y reducir la importación de 10 millones de toneladas de grano entero y quebrado, para la elaboración de alimentos pecuarios, extracción de almidones, industria cerealera y botanera, y otros destinos industriales. En el país se cultivan anualmente 8.5 millones ha de maíz, con producción de 22.5 millones de toneladas y un promedio de 2.8 t ha⁻¹ (SIAP, 2020).

Los principales estados productores de maíz forrajero son: Jalisco con más de cinco millones de toneladas; Durango con 2.8 millones de toneladas y Zacatecas con más de 1.9 millones de toneladas, sin que aparezca Chiapas a pesar de ser el 4to. lugar en producción de bovinos para carne con una producción de 204 mil toneladas, superado

solamente por Veracruz (507.4 mil toneladas), Jalisco (454 mil toneladas) y San Luis Potosí (224.4 mil toneladas). Chiapas ocupa el séptimo lugar en la producción de leche con 446.9 mil millones de litros (SIAP, 2021).

2.1.2. Maíz amarillo en Chiapas

La producción de maíz amarillo en Chiapas equivale al 14.5 % de la producción total nacional lo cual no es alentador con respecto a la producción del resto del país, porque de 1.2 millones de toneladas de maíz que se producen en las 704 mil hectáreas que se destinan a esta explotación, el 85.5 % es de grano blanco y el 14.5 % restante es de grano amarillo (García *et al.* 2016).

El 87.6 % de la superficie sembrada se cubre con semilla de genotipos blancos y el 9.1 % con semilla amarilla, de las cuales el 74.4 % se siembra con semillas de variedades nativas y el 25.5 % con semilla mejorada. Flores y García (2016) mencionaron que la tasa de adopción de semilla mejorada depende de factores económicos, sociales y geográficos; entre los factores más importantes que explican la tasa de adopción de semilla mejorada se pueden mencionar el tamaño del predio, el ingreso del productor, el precio de la semilla y el precio de otros insumos como los fertilizantes y los pesticidas. Delgado *et al.* (2018) afirman que las principales causas por las cuales el agricultor usa semillas nativas son la adaptación de éstas a las condiciones climáticas, su rendimiento, el factor económico, así como la confianza y fe que los agricultores tienen en ellas.

Actualmente, en el estado de Chiapas son pocas o nulas las empresas o Sociedades de producción dedicadas a la producción de semilla de maíz amarillo adaptada a las condiciones climáticas del estado, en especial a las condiciones climáticas de la Depresión Central de Chiapas; esta región está constituida por 17 municipios, entre ellos, sobresalen Villaflores, Ocozocoautla y Jiquipilas, municipios donde los productores siembran principalmente semillas híbridas de grano blanco para comercializar con la empresa GRUMA, quien acaparaba esta producción hasta el 2016, año en que cerró las compras directas a los productores. En esta zona también se dedican a la ganadería, donde se destinaba la producción de grano de maíz que la empresa GRUMA les rechazaba por no pasar las normas de calidad que establecía.

Muchos productores han cambiado la siembra de maíz blanco por el de grano amarillo para consumo pecuario y autoconsumo, pero están optando por sembrar variedades nativas o de variedades de generaciones avanzadas, porque las semillas de híbridos amarillos que ofertan las empresas transnacionales no han dado los rendimientos que prometen, aparte que tienen un costo elevado de adquisición, el cual está fuera del alcance del bolsillo del productor.

2.2. Importancia del maíz para forraje

Por lo general, las variedades forrajeras son seleccionadas arbitrariamente por su capacidad productora de materia seca por otra parte hay poco interés en mejorar su calidad nutritiva (Peña, *et al.*, 2002).

En México, los ensilados de maíz generalmente tienen un valor energético bajo a comparación a ensilados en Estados Unidos de América y Europa. Lo anterior se atribuye al énfasis en el rendimiento de forraje por unidad de superficie, sin considerar la calidad nutritiva. La selección de variedades es fundamental para mejorar esta situación.

En la región centro y sur del país se dispone de variedades de maíz para forraje formados a partir de germoplasma de origen tropical o templado; variedades con menor ciclo a cosecha (precoces) que otros (intermedios o tardíos) y los denominados de alta calidad proteínica. Varios estudios indican una mayor digestibilidad en variedades precoces en comparación a variedades de ciclo más tardío, de ahí la importancia de desarrollar nuevas variedades y someterlas a estudios para evaluar su calidad y rendimiento en forraje (Núñez *et al.*, 2001).

En los primeros ideotipos de maíz no se discriminaba de acuerdo a su destino. Se aceptaba que el rendimiento y la calidad del ensilado están determinados por el rendimiento de grano y el % de grano por encima del resto de los componentes de la planta. Por lo tanto, los fitomejoradores y productores sostuvieron que los mejores maíces para grano eran los más adecuados para ensilado; así, la mejor variedad para grano era considerada como la mejor forrajera. Como consecuencia, la mejora se dirigió al desarrollo de germoplasma y variedades para producción de grano únicamente.

La calidad del forraje se mide por medio de sus componentes: contenido de proteína, grasa, carbohidratos (contenidos de fibra cruda, fibra detergente ácida y fibra detergente neutro, digestibilidad, y cenizas). Todo esto en su conjunto se le denomina materia seca que en un sentido estricto es lo que queda del forraje una vez extraída toda la humedad. Entre mayor sea la calidad de forraje mayor será la ganancia en peso y leche por unidad de forraje suministrado al ganado. De aquí viene la importancia de evaluar el forraje para conocer sus propiedades y así elegir la mejor variedad para utilizarla en alimentar al ganado.

El uso de maíz para forraje, ya sea como planta en pie o ensilado, es una práctica común en todos los países de agricultura avanzada, ya que contribuye a resolver el problema que plantea la estacionalidad de la producción forrajera frente a requerimientos animales de relativa constancia. Se adapta para la conservación y posterior alimentación del ganado debido a lo siguiente: alto volumen de producción

en un solo corte, alto contenido de hidratos de carbono fácilmente aprovechables y relativa amplitud del período de cosecha.

La planta completa de maíz es un importante forraje para muchas actividades lecheras o cárnicas. El incremento de las demandas nutricionales para una respuesta animal óptima es un desafío para los productores de maíz, que deben seleccionar y manejar híbridos de gran producción de materia seca con características de calidad apropiadas (Bertoia, 2006).

Con algunas excepciones la proporción de mazorcas se correlaciona de manera alta y significativa con la digestibilidad de la planta total y podría favorecer una mayor calidad forrajera. Al respecto, se ha señalado, que con una proporción de mazorca superior al 54 %, se puede asegurar una digestibilidad in vitro mayor al 68 % y una energía neta de lactancia de 1.5 mega calorías o más por kilogramo de materia seca, con lo cual se puede incrementar el nivel productivo de las vacas lecheras y reducir sustancialmente el costo de alimentación (Peña *et al.*, 2002).

2.2.1. Producción de maíz forrajero en Chiapas

El maíz es el cultivo más importante de México, la planta sirve como un excelente forraje para el ganado, especialmente para las vacas lecheras y los animales de tiro (SADER, 2020).

El SIAP (2021) informó que, al corte del 31 de julio del 2021, a nivel nacional se tuvo una producción de maíz forrajero de 17.2 millones de toneladas sembradas en 597 mil hectáreas, es decir, un rendimiento de 28.8 toneladas por hectárea. La producción nacional de maíz forrajero del año 2021 tuvo un valor de 12 mil millones 225 mil pesos.

En Chiapas, según datos del SIAP (2021), la producción de maíz forrajero verde no se ha presentado en este año ni en el anterior, lo que quiere decir que no existe un reporte sobre el aprovechamiento de la planta.

Se sabe que el maíz forrajero se aprovecha como alimento ganadero en varias etapas del crecimiento de la planta, principalmente a partir del momento en que aparece la flor femenina (SADER, 2020).

2.3. Técnicas de Selección

2.3.1. Selección Recurrente

Las metodologías de mejoramiento del maíz pueden ser divididas en dos grupos mayores: esquemas de selección recurrente para mejoramiento de las poblaciones y desarrollo de líneas puras e híbridos.

En un esquema de selección, la base para la selección puede ser tanto una planta individual, una familia de plantas o una progenie. En el correr del tiempo se han

desarrollado distintos esquemas de selección los que son usados para mejorar genéticamente características agronómicas que son, a menudo, heredadas de manera cuantitativa. El método más antiguo de selección es la Selección Masal Moderna la que se basa en la apariencia fenotípica de las plantas y que, por lo general, no comprende la evaluación de las progenies seleccionadas. Muchos otros esquemas de selección recurrente tienen tres etapas: muestreo de la población y desarrollo de las progenies de la población o poblaciones originales; evaluación de las progenies con bases visuales o con pruebas en el laboratorio o en el campo, y cruzamiento y recombinación de las progenies seleccionadas para formar el ciclo siguiente de la población y para continuar la selección y el mejoramiento.

Estos esquemas de mejoramiento son llamados de selección recurrente ya que el procedimiento de selección es repetido consecutivamente hasta que se llega a los niveles de mejoramiento esperados (Pandey y Gardner, 1992).

2.3.2. Medios hermanos/ selección mazorca por surco

Como su nombre implica, la semilla de cada mazorca seleccionada es sembrada en un surco individual. La principal ventaja de este sistema es que la selección se puede basar en el comportamiento del surco/familia, así como en el de la planta individual. En el maíz, cada mazorca en polinización abierta es una familia de medios hermanos, donde se conoce solamente la identidad del progenitor femenino. En su forma más simple, el sistema de selección mazorca por surco/medio hermana es más efectiva que otras técnicas de selección como la selección masal para varias características. Esto permite la eliminación de surcos/familias indeseables en las etapas tempranas antes de la emergencia de la espiga masculina, la selección de las plantas polinizadoras de buenos surcos/familias y finalmente la selección de solamente las mejores mazorcas de los surcos seleccionados. (Jugenheimer, 1985).

Esta metodología se ha utilizado exitosamente para la formación de variedades mejoradas de Chiapas, como V229, V231A, V238AC, V240 (Coutiño, 2018 a).

2.4. Heredabilidad

La heredabilidad fue definida por Hill (1981), como la importancia relativa de la herencia en la determinación de los valores fenotípicos de los individuos. En general diferenciamos entre heredabilidad en el sentido amplio o estrecho, dependiendo de si estudiamos el grado de la determinación genética de un carácter, o si estudiamos el grado al cual los fenotipos son determinados por el efecto aditivo de los genes transmitidos de los padres a los descendientes. La heredabilidad puede ser computada a partir del uso de progenies endocriadas, (Hallauer y Miranda, 1988), o de la regresión de las progenies en los progenitores (Smith y Kinman, 1965).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Zona de estudio

Esta investigación se realizó en el Campo Experimental Centro de Chiapas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), municipio de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, ubicado en las coordenadas 16°25' y 17°10' de latitud norte; 93°11' de longitud oeste. Este municipio está ubicado fisiográficamente dentro de la Depresión Central de Chiapas, a una altitud de 781 m, con suelo de textura Franco-arenoso, de tipo Luvisol. El clima que predomina en esta zona es de tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano (García, 2004; INEGI, 2019).

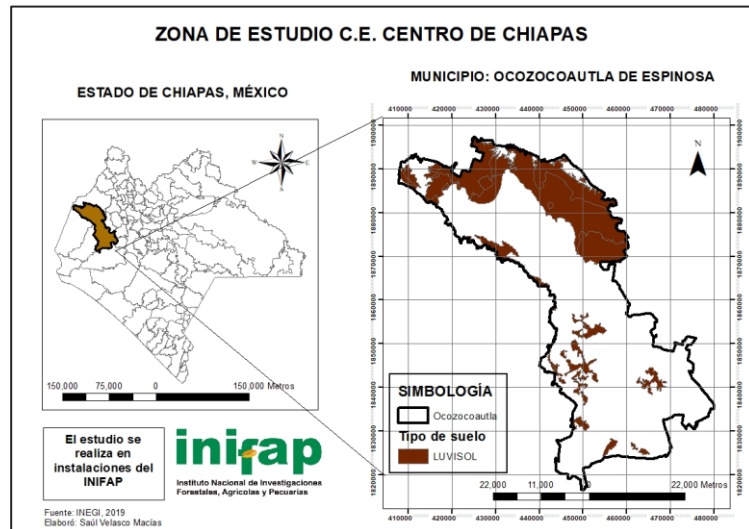


Figura 1. Zona de estudio, Campo Experimental Centro de Chiapas.

3.2. Genotipos utilizados

Los genotipos evaluados fueron 23 variedades provenientes del cuarto ciclo de Selección Recurrente, también conocida como Selección Modificada Mazorca por Surco, en la población denominada Población Amarilla.

Dicha Población amarilla de amplia base genética nació en el 2016, recombinando germoplasma de un grupo de híbridos comerciales y de variedades criollas cultivadas en la región Central de Chiapas, con el objetivo de formar una variedad mejorada de polinización libre que tuviera genes de buen potencial de rendimiento y de adaptación (Coutiño *et al.* 2019 A). A la fecha se han realizado cuatro ciclos de

selección recurrente de familias de medios hermanos (Compton y Comstock 1976), más el compuesto mecánico balanceado resultante de la recombinación genética.

De esta se evaluaron y seleccionaron las mejores 40 familias con los mejores rendimientos. En el ciclo agrícola de riego del 2019, se sembraron en un lote aislado las 40 familias para recombinarlas y obtener el compuesto mecánico balanceado del tercer ciclo de selección, y las 155 familias que se volvieron a evaluar en temporal. Estas 40 familias y el compuesto mecánico dieron como resultado 155 familias, y las 10 familias sobresalientes por localidad y en promedio de las tres localidades se recombinaron para formar nuevas variedades.

En el ciclo agrícola de temporal del 2021, 23 variedades provenientes de las 155 familias y los 4 ciclos de Selección, se establecieron en un ensayo para evaluar su rendimiento de grano, forraje y calidad forrajera

3.3. Diseño experimental

Las 23 variedades más el testigo se evaluaron usando el diseño látice triple rectangular 4x6. Para el análisis estadístico de las variables medidas se utilizó el procedimiento GLM del paquete estadístico (SAS, versión 9.0) y se realizó un análisis de regresión lineal simple ($p \leq 0.05$) con el programa Excel del software Office.

La parcela experimental fue de un surco de 5 m de largo con una distancia entre surcos de 75 cm, una planta cada 20 cm, a una densidad de población aproximada de 66,000 plantas/ha.

3.4. Manejo agronómico

Previo a la siembra del cultivo, el terreno se preparó de forma convencional, consistiendo en aradura, dos pasos de rastra y trazo de surcos. Al momento de realizar el surcado se fertilizó con la dosis 140-60-00 (N, P, K), utilizándose el 50% de la dosis de urea y el total del fosfato diamónico; a los 40 días posteriores a la siembra se aplicó la segunda parte del nitrógeno.

La siembra se llevó a cabo en el periodo de humedad residual del año 2021, el 29 de septiembre. La cosecha de los experimentos para forraje, fue 98 días después de la siembra, cuando se tenía un avance de la línea de leche de $\frac{1}{4}$ en el grano. La cosecha para grano fue a los 127 días después de la siembra.

Se trazaron los bloques utilizando estacas y cuerda para marcar los puntos de siembra. La siembra se realizó a mano. Para el ensayo de las variedades de medios hermanos se depositó una semilla por punto de siembra.

Para el control de maleza, se aplicó herbicida a los 15 días posteriores al riego, con base a una mezcla de 3 kg de Atrazina, 1 L de 2-4 D amina y 1 L de Nicosulfuron por hectárea.

Para combatir la presencia de plagas como la diabrotica (*Diabrotica sp.*) y el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se realizaron tres aplicaciones con el insecticida cipermetrina y lambda cihalotrina a dosis 250 ml ha⁻¹ También se aplicó el insecticida Permetrina al 0.4 %, en su presentación comercial, al momento de la siembra para el control del gusano gallina ciega (*Phyllophaga sp.*) a dosis de 2 kg ha⁻¹

3.5. Variables para evaluar en plantas

3.5.1. Días a floración masculina

Se tomó en días contados desde el momento en que se realizó la siembra hasta el momento que han aparecido el 50 % de las espigas masculinas por cada surco.

3.5.2. Días a floración femenina

Se tomó el dato considerando el día de la siembra hasta la aparición del 50 % de los estigmas, que a su vez midieran como mínimo de 2 a 3 cm de longitud.

3.5.3. Altura de planta

En 10 plantas seleccionadas al azar, se midió la distancia desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a dividirse la espiga masculina. Se registró la altura de la planta en centímetros.

3.5.4. Altura de la mazorca

En las mismas plantas elegidas para medir la altura, se registró la distancia en centímetros desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta.

3.6. Variables para evaluar producción de forraje

3.6.1. Peso fresco de forraje

Para determinar el rendimiento de materia verde por hectárea, se cosecharon las plantas en 5 metros de cada parcela experimental cortando las plantas a ras del suelo.

3.6.2. Peso fresco de cinco plantas

Del total de plantas cosechadas se tomaron al azar 5 plantas completas de cada parcela, y se pesaron con una báscula electrónica marca Torrey ® el peso fue registrado en kg.

3.6.3. Peso fresco de elote

A las mismas 5 plantas tomadas al azar de la parcela útil, se les separaron los elotes y se pesaron sin descartar las brácteas.

3.6.4. Peso fresco de plantas sin elote

De las mismas 5 plantas tomadas al azar una vez separado el elote, se pesaron y se registró el peso fresco de planta.

3.6.5. Peso fresco de la muestra

De las 5 plantas utilizadas sin elote, estas se hicieron trocitos con ayuda de una picadora, se introdujeron en una bolsa de papel rotulada y se pesó en la báscula.

3.6.6. Rendimiento de materia verde

Para determinar el rendimiento de materia verde por ha, se cosechó la parcela útil total, se multiplicó por el factor de conversión, obtenido de dividir la superficie de una hectárea entre el tamaño de la parcela útil, y se obtuvo el rendimiento de materia verde por hectárea con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento de materia verde} = \text{PFM} \times \text{FC}$$

Donde:

PFM: Peso fresco de la totalidad del forraje cosechado de cada parcela útil; kg.

FC: Se obtuvo de dividir la parcela útil entre 10,000 m².

$$\text{FC} = (5 \text{ m} \times 0.8 \text{ m}) / 10000 = 10000 / 4 = 2500$$

3.6.7. Rendimiento de materia seca

Para determinar la materia seca, las muestras se secaron dentro de un invernadero hasta obtener un peso constante, posteriormente se calculó el rendimiento de materia seca por planta de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{RMS} = \text{PFM} \times \% \text{MS}$$

Donde:

RMS= Rendimiento en materia seca en kg ha^{-1}

% MS= porcentaje de materia seca

3.6.8. Porcentaje de materia seca

El porcentaje de materia seca (ms) se determinó con base al rendimiento de materia seca con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ MS} = (\text{Peso inicial} - \text{Peso final} / \text{Peso inicial}) \times 100$$

En donde el peso inicial y el final son expresados en gramos.

3.6.9. Porcentaje de mazorca

De cada tratamiento se tomaron 5 plantas, se separaron las mazorcas, se secaron dentro un invernadero hasta obtener un peso constante. Se obtuvo el peso promedio de mazorcas para cada tratamiento y se determinó el porcentaje de mazorca por medio de la fórmula siguiente:

$$\% \text{ de mazorca} = \frac{\text{Peso mazorca} \times 100}{\text{Peso seco por planta}}$$

3.6.10. Peso de mazorca seca

Al momento de la cosecha en campo se tomaron 5 elotes de las 5 plantas cosechadas y se pesaron en la báscula. Las muestras se secaron primero en el invernadero para disminuir la humedad hasta peso constante.

3.7. Variables para determinar la calidad del forraje

Las pruebas para determinar la calidad del forraje se realizaron en el mes de marzo del año 2022, en los laboratorios de forraje perteneciente a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC-UNAM).

3.7.1. Porcentaje de proteína

Para determinar el contenido de proteína se tomó una submuestra de 1.0 kg de la muestra de forraje utilizada para determinar porcentaje de materia seca, se secó en una estufa con aire forzado durante 72 horas y se molió en un molino de Willey, con un tamaño de malla de 1 mm de diámetro, se determinó el contenido de nitrógeno total, mediante el método de Microkjeldahl (AOAC, 1984), cuyo principio básico es la conservación del nitrógeno de las sustancias nitrogenadas en amonio, hirviéndolos en ácido sulfúrico concentrado (digestión) en presencia de un catalizador (mezcla catalizadora), compuesto que se emplea para aumentar el punto de ebullición.

El material orgánico se oxida a dióxido carbónico y agua; el ácido sulfúrico se convierte en dióxido de azufre y el nitrógeno se fija en forma de sulfato de amonio, este se diluye con agua y se neutraliza con hidróxido de sodio. El amonio presente se desprende y a la vez se destila y recibe en una solución de ácido bórico que luego es titulada con ácido clorhídrico estandarizado. En esta forma indirecta, se conoce el contenido de nitrógeno, el cual, multiplicado por un factor de proteína, nos dará el contenido de proteína de la muestra.

3.7.2. Porcentaje de digestibilidad

Para determinar el porcentaje de digestibilidad, de las muestras cosechadas para estimar rendimiento de forraje en materia seca se tomó una submuestra de la muestra utilizada, se molió en un molino de Willey, con un tamaño de criba de 1 mm, a la que se le determinó la digestibilidad in vitro de la materia seca con la técnica de Tilley y Terry (1963).

Se pesó 0.3 g de muestra y se colocó dentro de un tubo de plástico numerado, se adicionaron 30 ml de saliva de McDougal y se incubó a 39 °C durante 15 minutos; se adicionaron 10 ml de líquido ruminal, se pasó una corriente de CO² dentro del tubo por 15 segundos y se taparon inmediatamente. Se preparó un blanco como testigo siguiendo las mismas indicaciones, pero sin agregar muestra. Se colocaron por 48 horas en baño maría a una temperatura de 39 °C, y se agitaron a las 2, 4, 20 y 28 horas después de iniciada la incubación para dispersar las partículas. Posteriormente, a las 48 horas se adicionaron 6 ml de HCl 0.3 N y 2 ml de pepsina al 5% a cada tubo y se agitaron en tres ocasiones durante el día.

Después de 48 horas de digestión con la pepsina se filtraron en papel filtrante, por medio de vacío, se secó el papel con la materia insoluble a 55 °C por 24 horas, se enfrió y pesó.

El porcentaje de digestibilidad se determinó por medio de la fórmula siguiente:

$$\% \text{ DMS} = \frac{(MSI) - (MSR - MS \text{ BLANCO})}{(MSI)} \times 100$$

Donde:

% DMS = Porcentaje de digestibilidad de la materia seca.

MSI = Materia seca inicial (peso inicial de la muestra).

MSR = Materia seca residual.

MS Blanco = Materia seca blanco.

Procedimiento de Digestión:

1. Se pesan 0.3 g de la muestra
2. Se agregan 3 ml de H₂SO₄ al 99%
3. Se agregan 0.5 g de catalizador
4. Se calientan hasta que viren a color verde pálido.

Procedimiento "Destilación de la muestra":

1. Se purga el microdestilador.
2. Se agrega agua a la bombilla del microdestilador.
3. Se coloca en un matraz 10 ml de H₃BO₃ al 4% y se adicionan 2 gotas de la solución indicadora.
4. Se agrega al micro destilador la solución que se puso a digestión.
5. Por cada 3 ml de H₂SO₄ se agregan 3 ml de NaOH o más hasta que la solución digerida vire a color azul o ferroso.
6. Se calienta la muestra con precaución.
7. Se debe obtener una muestra después de la destilación de 30 a 50 ml; que vira de color rojo a azul.
8. Se retira la muestra y se purga el microdestilador.
9. Se titula con HCl 0.1 N hasta que vire a color rosa.
10. Se mide la cantidad de ml de HCl utilizados.

3.7.3. Fibra detergente neutra y fibra detergente ácida (FDN y FDA)

Se utilizó el método propuesto por Goering, Van Soest y la unidad de extracción para determinar contenido de fibra cruda marca *VELP SCIENTIFICA*, que consistió en lo siguiente:

Se prepararon las soluciones detergentes neutro y detergente ácido con base en el manual *Velp Scientifica-FIVE Manual* (2001).

- Las muestras se secaron con ayuda de una estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante y posteriormente se molieron en un molino tipo Willey con un tamaño de malla de 1 mm.
- Los crisoles tipo Gooch se secaron durante 24 horas en una estufa de aire forzado a 55 °C se pesaron y se agregó 1.0 g de muestra.
- Los crisoles con la muestra se introdujeron en el determinador de fibra y se agregó 100 ml de solución detergente neutra a temperatura ambiente por cada crisol.
- Se calentaron hasta ebullición y reflujo durante 60 minutos desde el inicio de la ebullición.
- Se filtraron y lavaron 3 veces con agua hirviendo y posteriormente dos veces con acetona fría para realizar el proceso de aclarado de la muestra.
- Se secaron durante ocho horas en una estufa de aire forzado a 55 °C y se pesaron con ayuda de una balanza analítica y un desecador.

Para determinar fibra detergente ácida se utilizó el residuo del proceso de fibra detergente neutra, se pesó el crisol y se agregó solución detergente ácido.

Se calculó con las siguientes fórmulas:

$$\%FDN = \frac{(\text{peso del crisol} + \text{peso del residuo}) - \text{peso del crisol}}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

$$\%FDA = \frac{(\text{peso del crisol} + \text{peso del residuo}) - \text{peso del crisol}}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

3.7.4. Porcentaje de cenizas

El principio de determinar el porcentaje de cenizas es el siguiente: cuando una muestra se somete a una temperatura entre 550 y 600 °C, toda la materia orgánica se quema. La materia inorgánica, o cenizas, no se volatiliza a estas temperaturas por lo que queda como residuo.

El procedimiento fue el siguiente:

- Se colocaron los crisoles a utilizar en una estufa a una temperatura de 100 °C durante dos horas, se sacaron y dejaron enfriar para que posteriormente se colocaran en un desecador y se pesaron.
- Se agregaron 2.0 g de muestra.
- Los crisoles con la muestra se colocaron en una mufla, empezando a elevar la temperatura poco a poco hasta que se alcanzaron los 550 °C.
- Los crisoles con la muestra se dejaron durante tres horas en la mufla a 550°C.
- Posteriormente se dejaron enfriar (100 °C aproximadamente) se pasaron al desecador y se pesaron.

Para determinar la cantidad de cenizas presentes en la muestra se utilizó la fórmula:

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{(\text{peso de crisol} + \text{muestra}) - (\text{peso crisol} + \text{cenizas})}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

3.8. Variables para producción de grano

Una vez que el grano llegó a madurez fisiológica se llevó a cabo la cosecha para evaluar el rendimiento de grano. Se cortaron las mazorcas de los 5 m de la parcela experimental, se pesó la totalidad de mazorcas, se separaron mazorcas buenas y mazorcas malas, de la fracción de mazorcas buenas se seleccionaron 5 para el registro de las siguientes variables:

3.8.1. Longitud de mazorca

Se tomaron cinco mazorcas al azar y se midió desde la base al ápice con la ayuda de una regla. El resultado se expresó en centímetros.

3.8.2. Diámetro de mazorca

Con un vernier se midió el diámetro central de las cinco mazorcas que se tomaron anteriormente. La medida es en centímetros.

3.8.3. Diámetro de olote

Se desgranaron manualmente las cinco mazorcas, se depositó el grano resultante en un contenedor y el diámetro de olote se midió con la ayuda del vernier.

3.8.4. Hileras por mazorca

Se tomaron cinco mazorcas al azar, contando cada una de las hileras de la misma, el resultado se expresó en unidades.

3.8.5. Granos por hilera

Se tomaron las cinco mazorcas que se utilizaron para contabilizar las hileras por mazorca y se contaron los granos de una hilera, el resultado se expresó en unidades.

3.8.6. Humedad de grano

Se obtuvo a través de una computadora de análisis de grano tipo GAC 2100 donde se introdujo una muestra del grano (150 a 250 g).

3.8.7. Peso volumétrico del grano

Se obtuvo a través de una computadora de análisis de grano tipo GAC 2100. Donde se introdujo el grano (150 a 250 g).

3.8.8. Peso de doscientos granos

Con la ayuda de un contador automático de semillas, se programó para que automáticamente se detuviera al llegar a las 200 semillas, posteriormente se pesaron en una báscula electrónica.

3.8.9. Porcentaje de grano/olote

Se obtuvo al desgranar cinco mazorcas recién cosechadas y dividiendo el peso de grano entre el peso de las cinco mazorcas. Sin tomar en cuenta la humedad de grano.

3.8.10. Porcentaje de materia seca

Obtenida de la muestra de cinco mazorcas cosechadas. Restando de 100 el porcentaje de humedad y el resultado se dividió entre 100.

3.8.11. Porcentaje de grano

Se obtuvo del cociente de dividir el peso de grano de la muestra de cinco mazorcas entre el peso de la muestra de las 5 mazorcas multiplicado por cien.

3.8.12. Rendimiento de grano

$$\text{Rendimiento} = (\text{P.C.} \times \% \text{MS} \times \% \text{G} \times \text{FC}) / 8600$$

Donde:

PC: Peso de campo de la totalidad de las mazorcas cosechadas de cada parcela en kilogramos.

%MS: Porcentaje de materia seca.

%G: Porcentaje de grano.

FC: Factor de conversión para obtener rendimiento por hectárea, que se obtiene al dividir 10,000 m² entre el tamaño de la parcela útil en m².

3.9 Análisis estadísticos

Todos los datos resultantes de las evaluaciones se capturaron en una hoja de Excel y se les realizó el análisis de varianza como un diseño experimental látice triple rectangular 4 x 6, utilizando el procedimiento GLM del SAS versión 9.0; para detectar diferencias significativas entre variedades se realizó la prueba múltiple de medias de la Diferencia Honesta Significativa ($p= 0.05$) para determinar estadísticamente el o las mejores variedades. Con el programa Excel de la paquetería Office se realizó el análisis de correlación de Pearson para detectar la existencia de alguna correlación entre los caracteres evaluados, así como un análisis de regresión lineal múltiple.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Análisis de varianza para determinar la productividad de forraje

En el Cuadro 1, se presentan los cuadrados medios obtenidos de los resultados de los análisis de varianza, así como la significancia estadística para las variables: Rendimiento de materia verde, rendimiento de materia seca, porcentaje de materia seca, porcentaje de mazorca, altura de planta y altura de mazorca, evaluadas para determinar la capacidad productiva de las diferentes variedades de maíz amarillo para producción de forraje en el centro de Chiapas.

Cuadro 1.- Cuadrados medios y significancias estadísticas para determinar la productividad de forraje de 24 variedades de maíz amarillo evaluados en Ocozocoautla, Chiapas. O-I 2021.

Fuente de Variación	G.L.	AP	AM	%MS	REND. MV.	REND. MS.	% MZCA.
Grupo	2	67.21	150.69	342*	1848965	53556551*	284.266
Variedad	23	803.01*	356**	82.8*	2098282*	4923411*	266.94*
Error	46	12795.8	90.21	51.12	2694060	6774112.2	227.33
C.V.		8.23	14.02	17.75	24.76	30.89	30.47
Media		202.43	67.7	40.27	20959.61	8424.73	49.47

* =significativo al 0.05 de probabilidad de error; **= Significativo al 0.01 de probabilidad de error.; G.L.= Grados de libertad; AP= Altura de planta; AM= Altura de mazorca; %M.S.= Porcentaje de materia seca; REND. MV.= Rendimiento de materia verde; REND. MS.= Rendimiento de materia seca; % MZCA= Porcentaje de mazorca y C.V.= Coeficiente de variación.

En altura de planta se observan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre variedades, en el caso de altura de mazorca hubo diferencias altamente significativas entre variedades ($p < 0.05$). Los porcentajes de materia seca y de mazorca fueron diferentes significativamente entre variedades, en el caso del porcentaje y rendimiento de materia seca, las diferencias significativas se presentaron entre grupos (repeticiones). Las medias de rendimiento de materia verde y materia seca fueron de 20.9 y 8.4 t ha⁻¹ y los coeficientes de variación de 24.76 y 30.89 %, respectivamente. Para fines de mejoramiento genético, dicha variabilidad es de suma importancia, ya que se traduce en una mayor fuente de variación.

4.2. Análisis de varianza para determinar la calidad de forraje

En el cuadro 2, se presentan se presentan los cuadrados medios obtenidos de los resultados de los análisis de varianza, así como la significancia estadística para las variables que ayudaron a determinar la calidad del forraje de las 24 variedades evaluadas.

Cuadro 2.- Cuadrados medios y significancias estadísticas para determinar la calidad de forraje de 24 variedades de maíz amarillo evaluados en Ocozocoautla, Chiapas. O-I 2021.

Fuente de Variación	GL	% Prot.	% DGT.	%FDN	%FDA	% Ceniza
Grupo	2	0.3871	9.1104	1.6148	15.1435	0.3756
Variedad	23	0.5483	4.1346*	12.92*	9.4549*	5.0785*
Error	46	0.9485	4.5052	9.5738	9.1657	7.022
C.V.		13.425	3.205	6.41	11.025	30.213
Media		7.25	66.21	48.27	27.45	8.77

*= significativo al 0.05 de probabilidad de error; F. Variación= Factor de variación; GL= Grados de libertad; % Prot. = Porcentaje de proteína; %DGT. = Porcentaje de digestibilidad; %FDN= Porcentaje de fibra detergente neutro y %FDA= Porcentaje de fibra detergente ácido.

Para las variables, porcentaje de digestibilidad, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y cenizas, se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre variedades. Para porcentaje de proteína no se presentaron diferencias significativas, con un coeficiente de variación del 13.4 % y una media de 7.25 %.

Para la fuente de variación “Grupo” no se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$). Esto se traduce en que, es indiferente el usar cualquier variedad de acuerdo al aporte proteico; se puede tomar con base en otros componentes del rendimiento o preferencias del productor.

4.3. Comparación de medias para determinar el rendimiento de forraje

En la prueba de comparación de medias (cuadro 3), para la variable rendimiento de forraje verde se definieron 3 grupos de significancia, siendo la variedad “V59A” la que presentó mayor rendimiento de forraje (26 t ha^{-1}), junto con las variedades “V119A”, “V1A”, “V85A” y “Testigo”.

En el caso de las variedades “V85A” y “Testigo” no fueron diferentes ($p < 0.05$) a las demás variedades evaluadas. Los resultados obtenidos fueron menores a los reportados por Zaragoza *et al.* (2019), pues híbridos para Valles Altos produjeron de 50 a 75 t ha^{-1} , así también, los resultados son menores a lo reportado por Jiménez *et al.* (2017) con rendimientos que van de 58.7 a 90.6 t ha^{-1} .

Para producir forraje verde, Coutiño *et al.* (2019 B) evaluaron dos variedades comitecas en condiciones de temporal y encontraron diferencias significativas en la densidad de población, siendo la más sobresaliente a 95 mil plantas por hectárea con un rendimiento de 70.8 toneladas de forraje verde.

La variedad “V119A” presentó una tendencia a obtener rendimientos mayores en materia seca. Se aprecian dos grupos de significancia entre variedades.

Cabe señalar que, a excepción de la variedad “V119A”, el rango del porcentaje de materia seca fue de 32.1 a 39.5 % y la media de 40.27 %, que coincide con el rango recomendado por diversos autores (Núñez *et al.*, 2005; Cox y Cherney, 2005) para realizar la cosecha de maíz para ensilado, con el que se obtiene la mayor calidad nutritiva y el mayor rendimiento en materia seca. Ensilados elaborados con valores menores a 30 % en materia seca presentan una alta producción de efluentes y fermentación por la bacteria *Clostridium*, resultando en una pérdida significativa de componentes solubles, tales como: nitrógeno soluble, azúcares, productos de la fermentación y minerales (Mábío *et al.*, 2015). Ensilados con valores mayores de materia seca inhiben la compactación del material y la eliminación del aire y en consecuencia se presenta una inadecuada fermentación (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Comparación de medias para determinar el rendimiento de forraje de 24 variedades de maíz amarillo para el centro de Chiapas. O-I 2021.

Variedad	Porcentaje de materia seca	Rendimiento de materia verde (t ha ⁻¹)	Rendimiento de materia seca (t ha ⁻¹)	Porcentaje de mazorca
V119A	52.50 a	21396 abc	11569 a	62.67 ab
V100A	49.10 ab	19645 abc	9949 ab	55.67 abcd
V106A	46.90 abc	19369 abc	9382 ab	44.67 abcde
V145A	45.13 abcd	16809 bc	7606 ab	47.67 abcde
Pob.AC2	43.13 abcde	20507 abc	9154 ab	51.33 abcd
V54A	43.00 abcde	18666 abc	7990 ab	48.33 abcde
V46A	42.76 abcde	16622 c	6939 b	42.00 abcde
V3A	42.70 abcde	20791 abc	8749 ab	58.33 abc
V135A	42.46 abcde	23369 abc	9923 ab	54.33 abcd
Pob.AC1	41.36 abcde	24293 abc	9943 ab	58.67 abc
V6A	40.70 bcde	20222 abc	8117 ab	50.00 abcd
Testigo	40.03 bcde	21351 abc	8549 ab	40.67 bcde
V2A	39.83 bcde	18293 bc	7102 b	51.33 abcd
V85A	39.53 bcde	24915 abc	9487 ab	66.33 a
Pob.AC4	39.40 bcde	20933 abc	8366 ab	52.67 abcd
Pob.AC3	38.26 bcde	20844 abc	8046 ab	24.67 e
V24A	36.43 cde	19929 abc	7282 b	55.67 abcd

V59A	36.26 cde	26916 a	9640 ab	33.00 de
V23A	35.53 cde	18204 bc	6479 b	45.67 abcde
V102A	35.20 cde	23431 abc	8314 ab	49.00 abcde
V4A	35.13 de	21947 abc	7689 ab	36.67 cde
V147A	34.96 de	18756 abc	6898 b	49.33 abcde
V155A	34.13 de	20569 abc	6948 b	58.00 abc
V1A	32.13 e	25253 ab	8073 ab	50.67 abcd
D.H.S. (0.05).	11.75	8530.6	4277.6	24.78

D.H.S.= Diferencia honesta significativa ($p<0.05$).

El promedio de porcentaje de mazorca fue de 49.47, superior a lo reportado por Velasco *et al.* (2022), Zaragoza *et al.* (2019) y Zaragoza *et al.* (2021) con híbridos de reciente liberación y en fase experimental. La variedad “V85A”, “V119A” y “V1A” presentaron los valores más altos (66.33, 62.67, 50.67 %) y la variedad “V59A” los valores más bajos (36.67 %). Estos porcentajes de mazorca se consideran adecuados para constituir un sustrato suficiente para la fermentación acética y láctica por las bacterias y lograr una adecuada fermentación del ensilado. El porcentaje de mazorca es una de las características más importantes que determinan el valor energético de los ensilados de maíz (Zaragoza *et al.*, 2019).

Los rendimientos menores de materia verde y materia seca comparados con lo reportado por otros autores, se puede deber al mayor potencial de rendimiento de los híbridos a comparación con las variedades mejoradas; así también, los trabajos mencionados se realizaron en el ciclo agrícola de temporal con riegos de auxilio. En el caso del presente trabajo, se estableció el experimento en condiciones de humedad residual, lo que pudo repercutir en la diferencia de rendimientos y calidad del forraje.

4.4. Comparación de medias para determinar la calidad de forraje

En el cuadro 4, se aprecian las medias obtenidas para estimar la calidad de forraje; en el porcentaje de proteína no se presentaron diferencias significativas ($p<0.05$) entre variedades, obteniendo resultados menores a los reportados por Zaragoza *et al.* (2021) y Velasco *et al.*, (2022), pero los valores determinados encuentran dentro del rango adecuado de 6.9 y 9.6 % (Castillo *et al.*, 2009).

Para la variable porcentaje de digestibilidad, se observan dos grupos de significancia, siendo las variedades “V1A” y “Testigo” las que presentaron una tendencia a obtener porcentajes más altos.

Dichos resultados son similares a los obtenidos por Núñez *et al.* (2015), quienes reportan que los valores de digestibilidad *in vitro* varían de 62.6 a 67.8 % en variedades de ciclo intermedio y de 67.2 a 73.2 % en variedades precoces.

Para fibra detergente neutro (FDN), la “Población Amarilla C4” presentó el menor porcentaje (44.66), observando rangos que van desde 44.66 a 52.66 % y una media de 48.27 %, la fibra detergente ácido (FDA) obtuvo un promedio de 27.45 %. Zaragoza *et al.*, (2021) registraron, para fibra detergente neutro, valores de 48 a 52.4 % en híbridos de Valles Altos provenientes del centro de México y para fibra detergente ácido, presentaron valores de 22 a 26.6 %.

Según lo reportado por Olague *et al.* (2006), un maíz de alta calidad forrajera es considerado aquel que presenta valores de FDA de 25 a 32 % y FDN de 40 a 52 %.

Para ambos casos (FDN y FDA) se observan valores bajos, lo que es una característica deseable en el forraje, ya que permite un mayor aprovechamiento del alimento por parte del animal. A medida que aumenta el porcentaje de FDN, la ingesta de materia seca por lo general se reduce y a medida que la FDA aumenta, se reduce la capacidad de digestibilidad del forraje.

Desde el punto de vista de la nutrición, los valores de las cenizas tienen poca importancia, aunque valores muy elevados podrían indicar que existe contaminación con suelo o dilución de alimentos con sustancias, como sal y roca caliza. Algunos elementos minerales, como el yodo y selenio, podrían ser volátiles y perderse al convertir la sustancia en ceniza (Church *et al.*, 2002). El contenido de cenizas varió de 7.91 a 9.75 %.

Cuadro 4.- Comparación de medias para determinar la calidad de forraje de 24 variedades de maíz amarillo para el centro de Chiapas. O-I 2021.

Variedad	Porcentaje de digestibilidad	Fibra detergente neutro (%)	Fibra detergente ácido (%)	Porcentaje de proteína	Porcentaje de cenizas
Testigo	67.70 a	50.66 abc	27.50 abc	7.10 a	8.25 ab
V1A	67.70 a	52.66 a	29.83 ab	6.90 a	7.91 ab
V106A	67.70 a	47.16 bcd	29.50 ab	7.86 a	8.41 ab
V119A	67.56 a	46.83 bcd	27.50 abc	6.60 a	9.25 ab
V46A	67.36 a	49.33 abcd	28.66 abc	7.40 a	5.25 b
V4A	66.70 ab	49.66 abcd	26.33 abc	7.56 a	9.50 ab
V6A	66.70 ab	47.83 abcd	27.50 abc	7.00 a	6.75 ab
V85A	66.70 ab	50.66 abc	26.16 abc	7.40 a	9.91 a

V147A	66.70 ab	49.00 abcd	29.50 ab	6.60 a	8.50 ab
Pob.AC4	66.70 ab	44.66 d	30.66 a	8.06 a	9.66 a
V59A	66.70 ab	48.66 abcd	27.00 abc	7.00 a	9.75 a
V3A	66.70 ab	45.50 d	25.33 bc	6.80 a	8.75 a
Pob.AC1	66.56 ab	47.00 bcd	26.50 abc	7.40 a	10.83 a
V54A	66.46 ab	47.33 bcd	27.00 abc	7.40 a	10.25 a
V100A	66.36 ab	51.33 ab	27.00 abc	7.60 a	8.33 a
V135A	65.90 ab	45.16 d	25.00 bc	7.20 a	8.91 a
Pob.AC2	65.56 ab	46.83 bcd	30.66 a	8.20 a	9.41 ab
V155A	65.56 ab	45.66 cd	26.66 abc	7.20 a	10.50 a
Pob.AC3	65.23 ab	51.00 ab	27.33 abc	6.90 a	8.00 ab
V23A	65.23 ab	48.83 abcd	23.83 c	6.70 a	8.33 ab
V2A	64.90 ab	49.16 abcd	26.00 abc	7.10 a	9.58 ab
V102A	64.66 ab	48.66 abcd	26.83 abc	7.10 a	6.66 ab
V145A	64.36 ab	47.33 bcd	29.66 ab	7.50 a	8.00 ab
V24A	63.33 b	47.50 bcd	27.00 abc	7.50 a	9.75 a
D.H.S. (0.05).	3.48	5.08	4.97	1.60	4.35

D.H.S.= Diferencia honesta significativa ($p<0.05$).

4.5. Análisis de varianza para determinar la calidad de grano

En el cuadro 5, el análisis de varianza detectó diferencias significativas ($p<0.05$) para la variable % de grano para las fuentes de variación grupo y variedad, con una media de 77.5 % y un coeficiente de variación de 8.36 %. Para el factor de variación variedad, se tienen diferencias significativas ($p<0.05$) en todas las variables evaluadas, obteniendo una media para porcentaje de humedad, PVG, peso de 200 granos y rendimiento de grano de 11.94 %, 88.05 kg hl⁻¹, 76.75 g y 3.03 kg ha⁻¹, respectivamente.

Cuadro 5.- Cuadrados medios y significancias estadísticas obtenidos de 24 variedades de maíz amarillo evaluados en Ocozocoautla, Chiapas. O-I 2021.

Fuente de variación	G. L.	%grano	Porcentaje de humedad	PVG	Peso de 200 granos	Rendimiento de grano
Grupo	2	400.5*	2.26	2.26	64.01	12.50
Variedad	23	35.03*	1.76*	1.76*	32.98*	2.02*
Error	46	42.06	1.69	1.69	37.42	1.72
C.V.		8.36	10.89	1.47	7.97	43.26
Media		77.5	11.94	88.05	76.75	3.03

* =significativo al 0.05 de probabilidad de error; **= Significativo al 0.01 de probabilidad de error. F. Variación= Factor de variación; G.L.= Grados de libertad; % grano= Porcentaje de grano; PVG= Peso volumétrico del grano y C.V.= Coeficiente de variación.

4.6. Comparación de medias para estimar el rendimiento de grano

En la comparación de medias para los 24 genotipos evaluados (Cuadro 6), en la variable rendimiento de grano, se presentaron cuatro grupos de significancia ubicando a la variedad “V1A” con el mayor rendimiento de grano al 12.3 % de humedad (5.23 ton ha⁻¹) en comparación con el testigo, “V147A” y 14 variedades restantes.

El rendimiento de grano de la Población C2 es similar a lo obtenido por Coutiño (2019) en el ciclo primavera-verano de los años 2018 y 2019, siendo un resultado aceptable debido a las condiciones de humedad residual en las que se estableció el experimento.

Coutiño y Vázquez (2018 b) reportan rendimientos de 5.29 t ha⁻¹ en parcelas de evaluación de la variedad V-238 AC en el municipio de Comitán, la variedad “V1A” presenta rendimientos similares, a pesar de haberse evaluado en el ciclo de humedad residual, lo que podría indicar que en condiciones de temporal se podría aumentar dicho rendimiento; esta misma variedad produjo en temporal del 2022 un rendimiento de grano de 5.595 kg ha⁻¹ (Coutiño, 2023), quien realizó nuevamente el experimento en condiciones de temporal, obteniendo resultados similares a los reportados en este experimento, con un rendimiento de la “V1A” de 5.6 t ha⁻¹ y otras cinco variedades con rendimientos superiores a las 5 toneladas (variedades 24,54,106,119 y 85). Cabe señalar que la “V1A” se caracterizará en el próximo ciclo agrícola (2023) como nueva variedad mejorada.

Para la variable altura de planta, se presentaron siete grupos de significancia siendo el testigo y la población ciclo 2 los genotipos con mayor altura, 27.8 y 15.6 % con respecto a la variedad “V85”. Se observa que, en ciclos de selección más avanzados, la altura de planta disminuye.

La disminución de la altura de planta se puede deber al resultado de los ciclos de selección que de forma indirecta se seleccionan individuos de porte más bajo. Estos genotipos presentaron menor altura que los materiales híbridos para Valles Altos del

centro de México evaluados por Zaragoza *et al.* (2021) y Velasco *et al.* (2022), quienes registraron alturas promedio de 252 y 246 cm respectivamente.

Se aprecia que para la variable floración femenina, las variedades “6”, “106”, la Población AC4 y el testigo presentaron floraciones más tardías (3 días).

Se obtuvieron floraciones más tardías en comparación con los resultados obtenidos por Coutiño (2019) en el ciclo primavera-verano de los años 2018 y 2019.

Cuadro 6.- Comparación de medias para determinar el rendimiento de grano de 24 variedades de maíz amarillo para el centro de Chiapas. O-I 2021.

Variedad	Rendimiento de grano (ton ha ⁻¹)	Floración femenina (días)	Floración masculina (días)	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)
V1A	5.23 a	68 cd	70 e	198 cdef	60 def
Pob.AC2	4.20 ab	70 abcd	71 cde	235 ab	85 abc
Pob.AC3	4.13 abc	70 abcd	72 abcd	210 bcde	68.3 de
V135A	4.06 abc	70 abcd	71 cde	210 bcde	71.7 cde
V2A	4.00 abc	69 bcd	71 de	206.7 cde	65 def
Pob.AC1	3.73 abcd	70 abcd	72 bcde	216.7 bcd	88.3 ab
V100A	3.36 abcd	70 abcd	71 cde	190 defg	61.7 def
V59A	3.13 abcd	70 abcd	72 abcde	201.7 cdef	75 bcd
V24A	3.03 bcd	69 bcd	72 bcde	170 g	50 f
V3A	2.96 bcd	68 d	70 e	195 cdefg	60 def
V23A	2.86 bcd	69 bcd	70 e	176.7 fg	60 def
V85A	2.83 bcd	70 abcd	72 abcde	191.7 defg	61.7 def
V145A	2.80 bcd	69 bcd	72 abcde	201.7 cdef	65 def
Pob.AC4	2.76 bcd	72 ab	73 abc	203.3 cdef	65 def
V4A	2.76 bcd	69 bcd	72 abcde	193.3 defg	65 def
V119A	2.56 bcd	71 abc	73 abc	221.7 abc	68.3 de
V102A	2.56 bcd	70 abcd	72 abcde	195 cdefg	68.3 de
V6A	2.53 bcd	72 a	74 a	210 bcde	73.3 bcde
Testigo	2.50 bcd	71 ab	74 ab	245 a	100 a
V54A	2.40 bcd	71 abc	73 abcd	186.7 efg	68.3 de

V155A	2.26 bcd	69 bcd	72 abcde	193.3 defg	58.3 ef
V46A	2.20 bcd	70 abcd	73 abc	203.3 cdef	58.3 ef
V106A	2.03 cd	71 abc	72 abcde	205 cde	70 cde
V147A	1.83 d	70 abcd	73 abc	198.3 cdef	58.3 ef
D.M.S. (0.05).	2.156	2.68	2.62	27.41	15.61

D.M.S.= diferencia mínima significativa ($p < 0.05$); C4= ciclo 4.

4.7. Comparación de medias para estimar la calidad de grano

En la comparación de medias para las variables humedad de grano, porcentaje de grano, peso volumétrico del grano y peso de 200 semillas, se observan tres grupos de significancia (cuadro 7) Siendo la variedad “V4A” la que presenta mayor humedad de grano, estadísticamente superior a 16 variedades, lo que puede explicar la variabilidad genética que presentan los genotipos al tener diferentes grados de humedad lo que se puede traducir en diferentes etapas de madurez fisiológica a pesar de tener mismos días a cosecha. Las variedades exhibieron porcentajes de grano, PVG y peso de 200 granos, similares y dentro de los parámetros aceptables. La variedad “V4A” presenta el menor PVG de las 24 variedades evaluadas.

Los resultados obtenidos en PVG son superiores a los reportados por Velasco *et al.*, (2022), van de 74 a 77 kg hl⁻¹.

Cuadro 7.- Comparación de medias para determinar productividad y calidad de grano de 24 variedades de maíz amarillo para el centro de Chiapas. O-I 2021.

Variedad	Humedad del grano (%)	% de Grano	PVG (kg hl ⁻¹)	Peso de 200 granos (g)
V4A	14.1 a	77.91 abc	85.86 c	76.20 abc
V2A	14.06 ab	75.68 abc	85.93 bc	79.83 abc
V1A	12.33 abc	77.97 abc	87.66 abc	81.03 a
V54A	12.30 abc	77.55 abc	87.70 abc	77.33 abc
Pob.AC4	12.23 abc	76.87 abc	87.76 abc	76.30 abc
V119A	12.20 abc	76.00 abc	87.80 abc	69.96 c
V135A	12.06 abc	77.53 abc	87.93 abc	77.33 abc
Pob.AC3	12.06 abc	83.02 a	87.93 abc	79.30 abc
Pob.AC2	12.03 abc	74.36 abc	87.96 abc	80.26 ab

Pob.AC1	11.96 bc	78.45 abc	88.03 ab	78.60 abc
V59A	11.96 bc	79.91 ab	88.03 ab	80.43 ab
V102A	11.93 bc	75.12 abc	88.06 ab	77.96 abc
V145A	11.8 c	83.02 a	88.20 a	75.06 abc
V3A	11.76 c	78.94 ab	88.23 a	79.80 abc
V46A	11.70 c	68.17 c	88.30 a	71.13 abc
V24A	11.70 c	78.96 ab	88.30 a	77.63 abc
V155A	11.63 c	81.73 ab	88.36 a	76.33 abc
V100A	11.60 c	78.97 ab	88.40 a	70.60 bc
V85A	11.36 c	72.79 abc	88.63 a	78.73 abc
V147A	11.33 c	71.94 bc	86.66 a	77.56 abc
V6A	11.23 c	77.48 abc	88.76 a	74.96 abc
Testigo	11.20 c	79.80 ab	88.80 a	75.06 abc
V106A	11.13 c	80.00 ab	88.86 a	79.80 abc
V23A	11.00 c	77.90 abc	89.00 a	70.80 bc
D.M.S. (0.05).	2.14	10.66	2.14	10.05

D.M.S. Diferencia mínima significativa ($p < 0.05$).; % de grano= Porcentaje de grano; PVG= Peso volumétrico del grano y P 200G= Peso de 200 semillas.

4.8. Análisis de correlación y regresión

En el cuadro 8 se observa el conjunto de variables con correlación significativa ($p < 0.05$); las principales variables correlacionadas fueron FF, FM, PVG, ALTP, Rend. MV. y % MZC.

Se presentó una disminución en el rendimiento de grano debido a la floración masculina (-0.52), posiblemente se deba a que, a más días a floración masculina, menos viables estarán los estigmas para que se lleve a cabo la polinización, pudiéndose presentar una asincronía en la floración.

Se observó una correlación alta negativa (-0.74) entre el peso volumétrico del grano y la humedad del grano, a medida que la humedad del grano aumenta, el peso volumétrico del grano disminuye; La humedad del grano y el peso específico están inversamente relacionados con granos de mayor humedad que muestran un peso específico más bajo.

A medida que el maíz se seca, el peso específico aumenta, naturalmente siempre que la integridad del grano permanezca intacta. El peso específico aumenta porque los granos secos se encogen y son más resbaladizos, por lo que tienden a compactarse más por kilo. Los granos también son más densos, porque la densidad aparente aumenta a medida que el agua sale del grano (Bern y Brumm, 2009). Un resultado bajo de peso volumétrico puede indicar daño en el grano o excesiva pérdida de materia seca.

Se encontró una correlación positiva (0.42) entre la altura de planta y el rendimiento de materia seca, posiblemente porque a mayor altura, mayor será la biomasa acumulada. Resultados similares han sido reportados por otros autores como Satter *et al.* (2000) quienes reportan una disminución de 5 y 8 % en rendimiento de materia seca cuando se aumenta la altura de corte de maíz forrajero en 35 cm; así como Neylon y Kung (2003), quienes encontraron una reducción entre 5 y 10 % de materia seca al incrementar la altura de corte de 12.7 a 45.7 cm.

Se apreció también correlación positiva para las variables FF, ALTP en relación con DGT (0.51 y 0.43), como probable resultado que, al momento del corte, las plantas aún no llegaban a su madurez fisiológica, sin alcanzar una alta lignificación de las estructuras de la planta. Lo que se traduce en un mejor aprovechamiento del forraje ya que, a mayor lignificación, menor es el porcentaje de digestibilidad. Núñez *et al.* (2010).

Para la variable % MZCA (cuadro 8) se obtuvo una correlación negativa (-0.41) con la variable FDN. Resultados similares han sido reportados por Núñez *et al.*, (2010) quienes reportan que, a mayor porcentaje de mazorca, aumenta la digestibilidad de fibra detergente neutro, además de considerarse criterios nutricionales importantes para la clasificación de maíces con alta calidad forrajera.

Cuadro 8.- Coeficientes de correlación para diversas variables de 24 variedades de maíz amarillo para el Centro de Chiapas. O-I 2021.

Variable	Rend G.		HG		Rend. MS.		DGT		FDN	
	Coef.	Prob.	Coef.	Prob.	Coef.	Prob.	Coef.	Prob.	Coef.	Prob.
FM	-0.52	0.01*	0.14	0.52	0.00	0.99	0.41	0.05	0.11	0.61
FF	0.23	0.27	0.23	0.28	0.34	0.10	0.51	0.01*	0.05	0.81
PVG	0.17	0.42	-0.74	0.00*	0.19	0.37	0.08	0.69	0.06	0.77
ALTP	0.24	0.26	0.01	0.94	0.42	0.04*	0.43	0.03*	0.01	0.94
Rend. MV.	0.26	0.22	0.03	0.87	0.58	0.00*	0.16	0.44	0.01	0.95
%MZC	0.05	0.79	0.15	0.48	0.31	0.14	0.01	0.94	-0.41	0.04*

*Correlación significativa ($P \leq 0.05$); Rend. G.= Rendimiento de grano; %HG= Humedad de grano; Rend. MS.= Rendimiento de materia seca; %DGT= Digestibilidad; % FDN= Fibra detergente neutro; FM= Floración masculina; FF= Floración femenina; PVG= Peso volumétrico del grano; ALTP= Altura de planta; Rend. MV. = Rendimiento de materia verde y % MZC= Porcentaje de mazorca.

4.9. Análisis de regresión lineal simple

Al comparar cómo influyen los días a floración masculina con el rendimiento de grano (figura 2), resultaron estadísticamente significativos ($p \leq 0.05$) y hubo una correlación alta negativa, con una $R^2 = 0.37$ lo que significa que los días a floración masculina explican en un 37 % el comportamiento del rendimiento de grano y se tiene una tasa de disminución (pendiente de la ecuación) de 35 g planta⁻¹.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Bolaños y Edmeades (1990), quienes indican que la floración masculina y femenina afecta el rendimiento del maíz, reduciendo el número y calidad de granos y mazorcas, debido a un retraso en el intervalo de la floración y una pérdida de la viabilidad del polen y los estigmas.

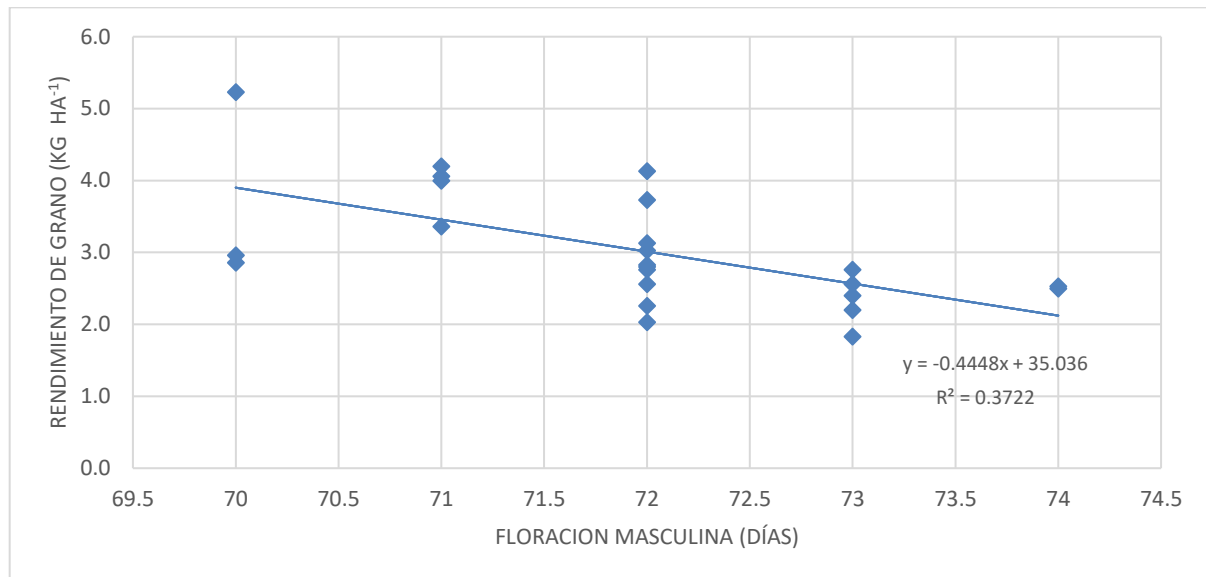


Figura 2. Regresión lineal simple para las variables, rendimiento de grano y días a floración masculina.

Los días a floración femenina con los días a floración masculina (figura 3), resultaron ser estadísticamente *significativos* ($p < 0.05$) con una correlación alta positiva $R^2 = 0.58$, los días a floración femenina ayudan a explicar en un 58 % el comportamiento de los días a floración masculina y se tiene una tasa de crecimiento (pendiente de la ecuación) de 15 días a floración masculina.

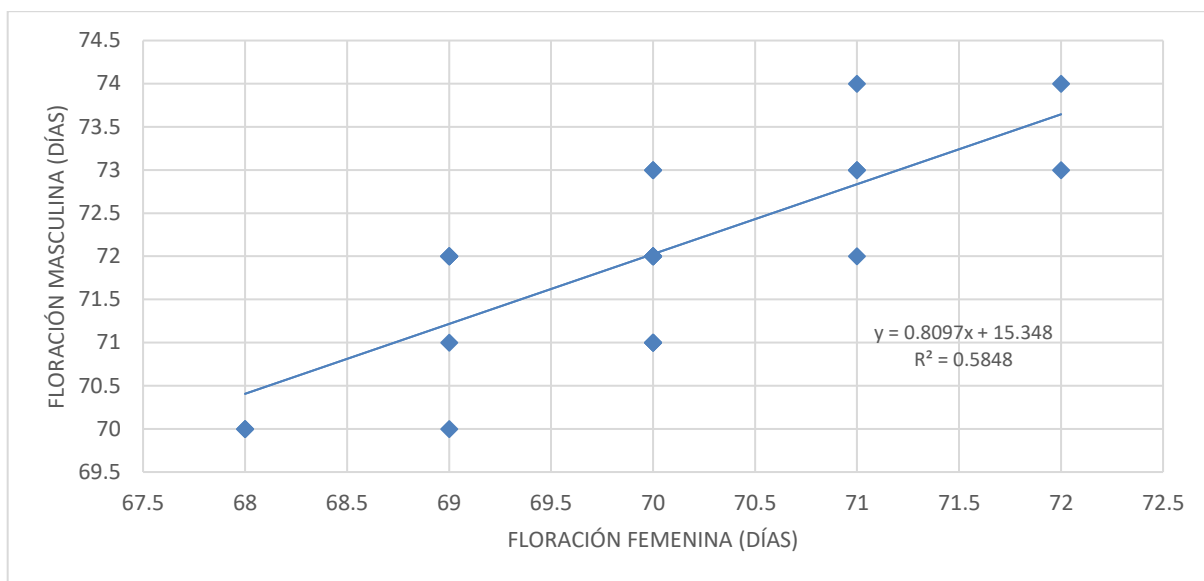


Figura 3. Regresión lineal simple para las variables, días a floración femenina y días a floración masculina.

El peso volumétrico del grano influye en la humedad del grano (figura 4), son estadísticamente significativos ($p < 0.05$) y tuvo una correlación alta negativa, con un $R^2 = 0.74$, esto significa que, en un 74 % el comportamiento de la humedad del grano es resultado del peso volumétrico del grano.

Ambas variables son de interés para estimar la calidad del grano y en el caso de la humedad de grano es de suma importancia en el almacenamiento y beneficio del mismo.

Diversos estudios de manejo post-cosecha mencionan que el peso específico aumentará debido al secado natural o artificial, el aumento de peso específico significa que el maíz ocupará menos volumen total debido al aumento de la densidad aparente.

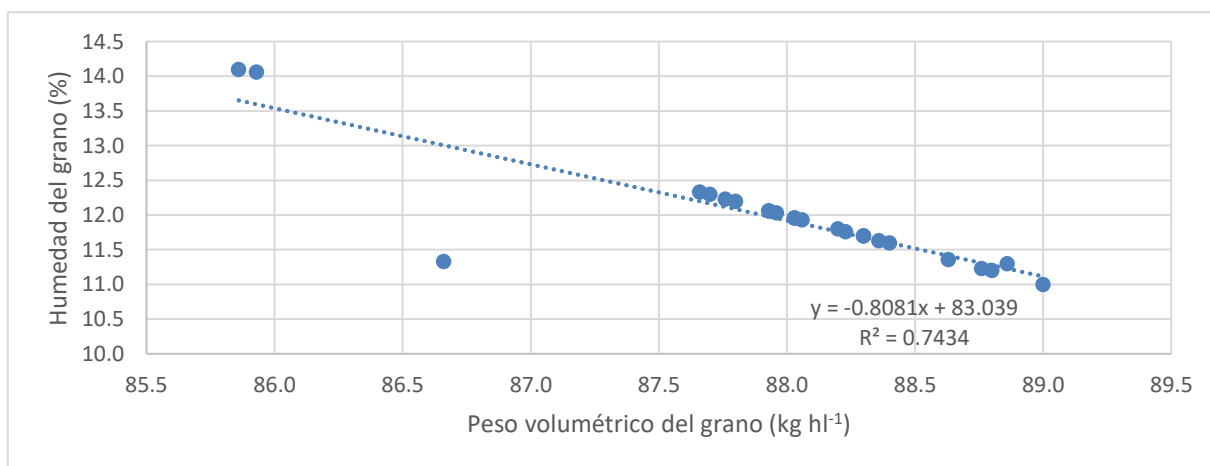


Figura 4. Regresión lineal simple para las variables humedad de grano y peso volumétrico del grano.

El porcentaje de digestibilidad (figura 5) es una variable importante para estimar la calidad del forraje, ya que, a mayor porcentaje de digestibilidad, mayor será el aprovechamiento de dicho forraje.

Al analizar cómo influye los días a floración femenina con el porcentaje de digestibilidad (figura 5), resultaron estadísticamente significativos ($p < 0.05$) y tuvo una correlación positiva, con una $R^2 = 0.12$. Se tiene una tasa de crecimiento (pendiente de la ecuación) de 40 % por planta.

Los resultados obtenidos son diferentes a los conseguidos por Hurtado *et al.* (2020). Los cultivares que presentan menores días a floración femenina, presentan mayor porcentaje de digestibilidad de rastrojo en maíces del altiplano poblano.

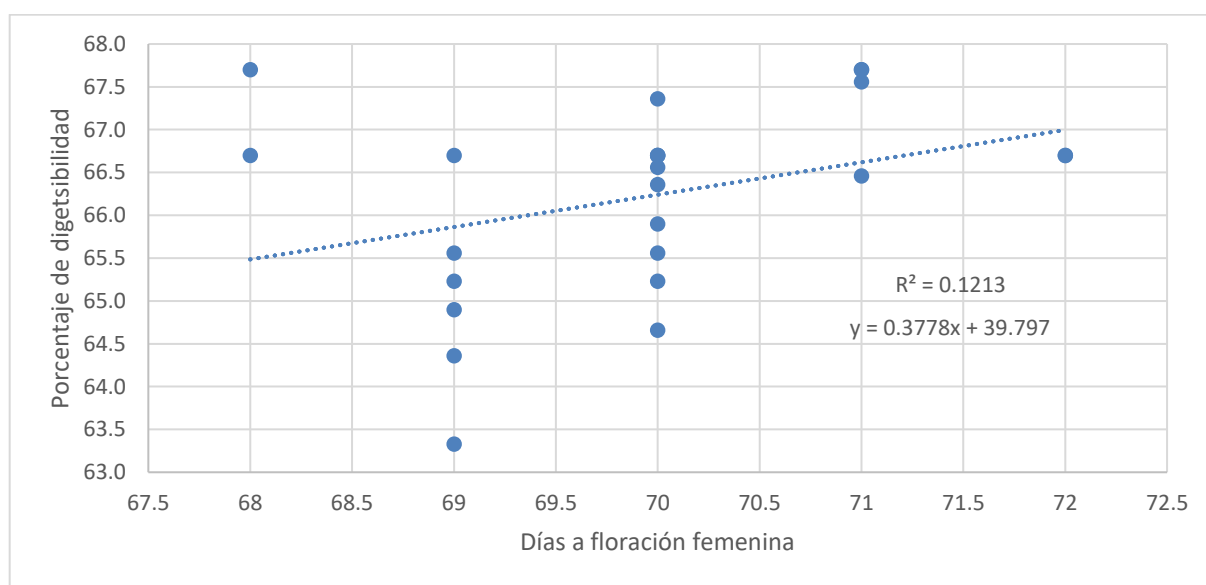


Figura 5. Regresión lineal simple para las variables porcentaje de digestibilidad y días a floración femenina.

La altura de planta tuvo relación con el porcentaje de digestibilidad (figura 6), y fue estadísticamente significativo ($p < 0.05$) con una correlación positiva de $R^2 = 0.16$.

Hurtado *et al.* (2020), mencionan que en plantas más altas (2.75 m) se presenta mayor porcentaje de digestibilidad, con intervalos de 51 a 55 %. Los resultados son similares a los obtenidos en el presente trabajo, porque se puede observar (figura 6), que aquellas plantas con alturas entre 190 a 210 centímetros registraron el mayor porcentaje de digestibilidad, esta información podría ser de utilidad para los productores de animales.

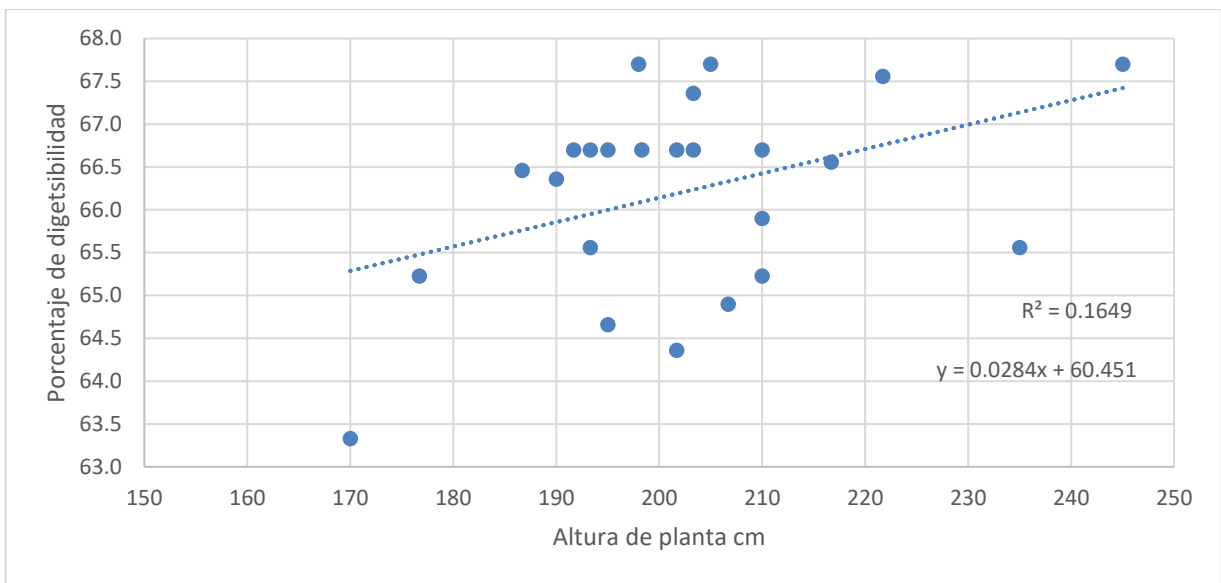


Figura 6. Regresión lineal simple para las variables porcentaje de digestibilidad y altura de planta.

El rendimiento de materia verde con el rendimiento de materia seca (figura 7), fueron estadísticamente significativos ($p < 0.05$) y se observó una correlación positiva, con una $R^2 = 0.27$ lo que significa que el rendimiento de materia verde influye en un 27 % en el comportamiento del rendimiento de materia seca.

Velasco *et al.* (2022) mostraron rendimientos de materia verde de 70 t ha⁻¹ y rendimientos de materia seca de 19 t ha⁻¹ para el híbrido Tlaoli puma, el cual presenta el rendimiento más alto de materia verde y seca.

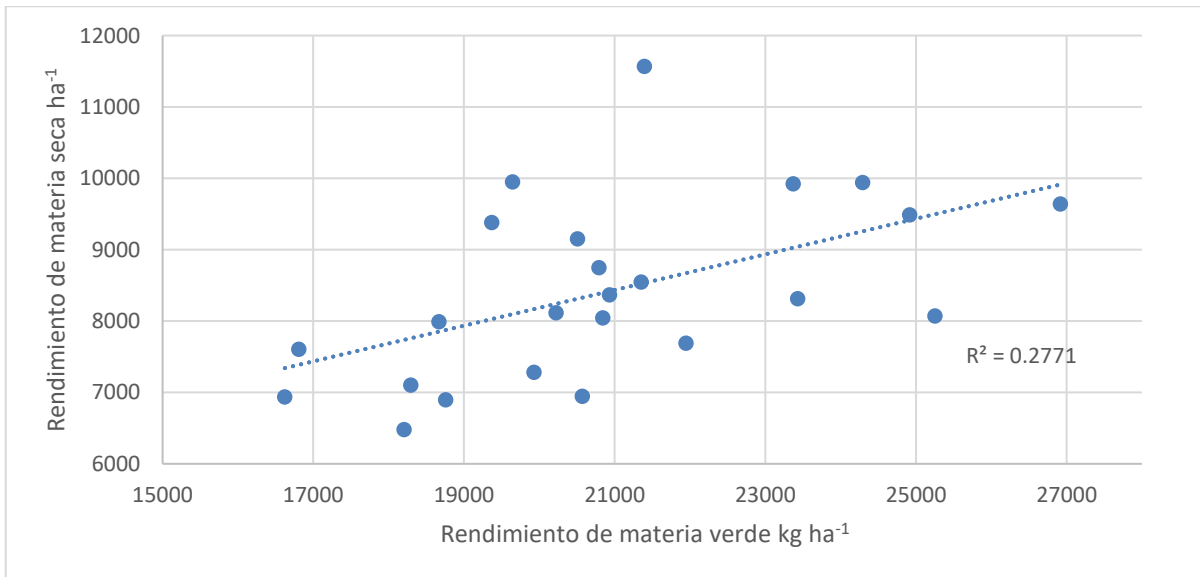


Figura 7. Regresión lineal simple para las variables rendimiento de materia verde y seca.

En el análisis de correlación, el porcentaje de mazorca con el porcentaje de fibra detergente neutro (figura 8), resultaron estadísticamente significativos ($p < 0.05$) con una correlación positiva. El porcentaje de mazorca incide en un 12 % ($R^2 = 0.12$) en el comportamiento del porcentaje de fibra detergente neutro.

Zaragoza *et al.* (2021) informan que a mayor porcentaje de mazorca, menor es el porcentaje de fibra detergente neutro, en híbridos de maíz para Valles Altos de México, lo que es similar a lo reportado en el presente trabajo.

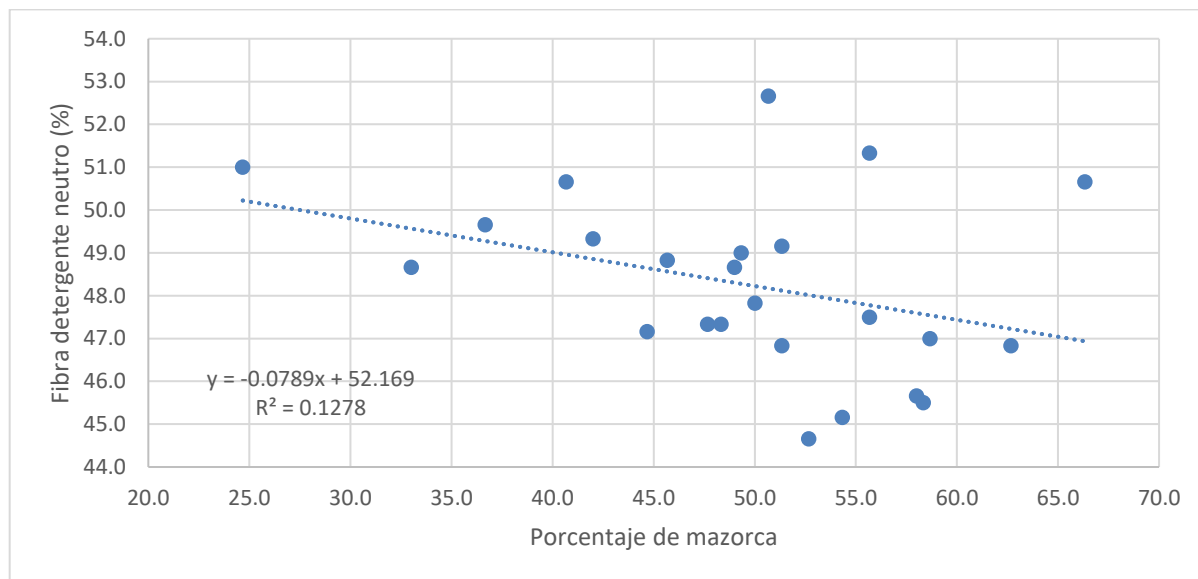


Figura 8. Regresión lineal simple para las variables porcentaje de mazorca y fibra detergente neutro.

Al analizar cómo influye la altura de planta con rendimiento de materia seca (figura 9), fueron estadísticamente significativos ($p < 0.05$) y tuvo una correlación positiva, con una $R^2 = 0.18$ lo que significa que la altura de planta explica en un 18 % el comportamiento del rendimiento de materia seca y se tiene una tasa de crecimiento (pendiente de la ecuación) de 1797 kg.

Al estudiar los datos obtenidos por Zaragoza *et al.* (2019), se puede concluir que se tiene una tendencia a obtener mayor rendimiento de materia seca (23 a 25.5 t ha⁻¹) en los híbridos que presentan mayor altura de planta (2.2 a 2.4 m), lo que explica los resultados obtenidos en el análisis de regresión para las variables rendimiento de materia seca y altura de planta.

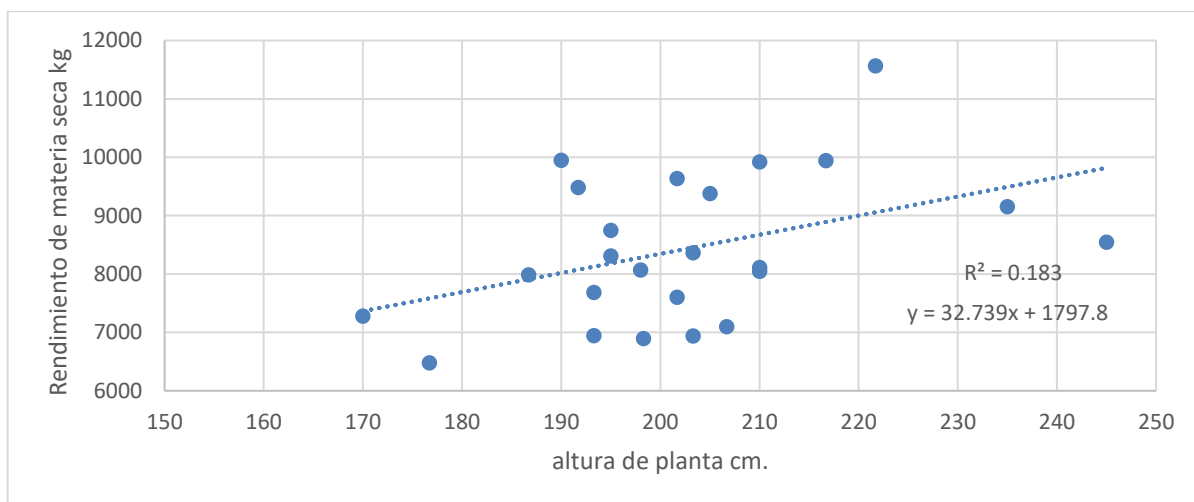


Figura 9. Regresión lineal simple para las variables altura de planta y rendimiento de materia seca.

Chiapas es el estado con la mayor superficie de siembra de maíz, pero ocupa el 5° lugar en producción debido a los bajos rendimientos que obtienen los productores (1.8 t ha^{-1} , según el SIAP, 2020).

La diversidad de microclimas presentes en la geografía del estado es una de las riquezas más grandes con las que se cuenta y gracias a los productores, existen variedades criollas para cada clima, uso, gusto, etc.

Muchos de los pequeños productores siembran el maíz para autoconsumo; al tratar de mejorar genéticamente dichas variedades adaptadas para cada rincón de Chiapas por medio del mejoramiento genético tradicional, se tiene evidencia que en los primeros ciclos de selección (Selección Recurrente) el rendimiento de grano se puede aumentar desde 100 a 500 kg ha^{-1} si se cuenta con una buena respuesta a la selección, teniendo un beneficio para los pequeños productores, ya que dicho aumento representa mayor cantidad de alimento y en el mejor de los casos, la posibilidad de comercializar su producción.

Los centros de investigación deben generar variedades adaptadas a las zonas productivas del estado, las cuales puedan competir favorablemente con las variedades comerciales ya existentes, que muchas veces son desarrolladas para otras partes del país y del mundo.

El objetivo de este trabajo fue, evaluar el potencial en producción de grano y forraje de variedades de maíz amarillo las cuales mostraron cualidades muy sobresalientes a pesar de las condiciones limitantes de humedad residual en las que fueron evaluadas.

En la zona costa, en el ejido Cabeza de Toro, municipio de Tonalá, Chiapas, existe un grupo de productores de becerros de engorda los cuales comercializan con la empresa SuKarne, para su finalización en los territorios del norte del país; los productores comentaron los altos costos para la compra de la materia prima y la alimentación de

sus animales; se les comentó de la posibilidad de producir maíz para ensilado lo cual les pareció atractivo.

En mayo del año 2021, se comenzó a trabajar con un grupo de cinco productores en 22 hectáreas de superficie, obteniendo un rendimiento promedio de 40 t ha⁻¹ de forraje verde. En conclusión, los productores están en la mayor disposición de experimentar con nuevas alternativas de producción y así mejorar sus ingresos y calidad de vida, de ahí la importancia de generar variedades con un alto potencial de rendimiento, así como buena calidad de grano y forraje, como los que presentaron algunos de los genotipos evaluados en la presente investigación.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y a las condiciones de humedad residual en las que se evaluaron los genotipos durante el año 2021, se concluye lo siguiente:

Sobresalieron las variedades experimentales de grano amarillo V1A, V135A, V2A, V100A y V59A, así como las Poblaciones Amarillas C1, C2 y C3, siendo la "V1A" la que obtuvo el mayor rendimiento de grano con 5.2 t ha⁻¹.

Las 24 variedades tuvieron una media de rendimiento de grano de 3 t ha⁻¹ y compiten favorablemente con las variedades criollas y comerciales que se cultivan en Chiapas, superando a la media nacional y estatal de 3.2 t ha⁻¹ y 1.8 t ha⁻¹, respectivamente.

Las variedades evaluadas presentaron bajos rendimientos de materia verde con una media de 21 t ha⁻¹ y una media en rendimiento de materia seca de 8.4 t ha⁻¹, posiblemente por las condiciones de humedad residual en las que se desarrolló el experimento.

La "V59A" presentó mayor rendimiento de forraje verde con un rendimiento de 27 t ha⁻¹, junto con las variedades "V119A", "V1 A", "V85A" y "Testigo".

La "Población Amarilla C2" presenta aptitudes para poder evaluarse como una variedad de doble propósito, al encontrarse dentro del grupo de significancia sobresaliente, tanto para rendimiento de grano: 4.2 t ha⁻¹ como para el rendimiento de forraje verde de 20.5 t ha⁻¹.

Con base en el porcentaje de proteína, digestibilidad, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y cenizas, las variedades evaluadas se consideran maíces de alta calidad forrajera.

De acuerdo a los análisis de regresión y correlación, los días a floración femenina, así como la humedad del grano, son variables a considerar para obtener un buen rendimiento y calidad del grano, así como las variables floración femenina, altura de planta, rendimiento de materia verde y porcentaje de mazorca involucradas en la producción y calidad de forraje.

VI. LITERATURA CITADA

- AOAC, Association of Analytical Chemists. 2012. Official Methods of Analysis of AOAC International. Vol. 1. 19th edition. Association of Analytical Chemists. Washington, D.C. USA. 672 p.
- Bern, C. and T. J. Brumm. 2009. Grain Test Weight Deception. Extension Iowa State University. Pp: 1-3.
- Bolaños, J. y G. O. Edmeades. 1990. La importancia del intervalo de la floración en el mejoramiento para la resistencia a sequía en maíz tropical. *Agronomía Mesoamericana*. 1:45-50.
- Church, D.C., W.G. Pond, K.R. Pond. 2002. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Ciudad de México. pp: 29,160-163 y 165,166.
- Coutiño Estrada, B. y G. Vázquez Carrillo. 2018 B. V238AC: nueva variedad de maíz de grano amarillo QPM. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 9(5):1089-1092. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.1513>
- Coutiño Estrada, B. y M. N. Gómez. 2019 B. Variedades de maíz comiteco con potencial forrajero en Chiapas. Reunión Nacional de Investigación Agrícola Memoria,1(1),236-238. https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/media/memoria/5192_4921_Reuni%C3%B3n_Nacional_de_Investigaci%C3%B3n_Agr%C3%ADcola_Memoria.pdf
- Coutiño Estrada, B., D Rincón y V. Vidal Martínez. 2018 A. Selección Combinada en cinco poblaciones de maíz para formar variedades mejoradas. Memorias de la XXXI Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Boca del Río, Veracruz, Ver. pp: 560:561.
- Coutiño Estrada, B., M. N. Gómez., E. D. Rincón y H. L. Morales. 2019 A. Selección recurrente para formar una variedad mejorada de maíz amarillo. Reunión Nacional de Investigación Agrícola Memoria,1(1),401-404. https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/media/memoria/5192_4921_Reuni%C3%B3n_Nacional_de_Investigaci%C3%B3n_Agr%C3%ADcola_Memoria.pdf
- Coutiño Estrada, B., V. A. Vidal Martínez y G. Vázquez Carrillo. 2017. V-561: nueva variedad tropical de maíz. V-561: a new tropical maize variety. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8 (8). Pp:1887-1890.
- Coutiño Estrada, B. 2023. Informe anual 2022 del proyecto “Desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología para el incremento de la producción y asegurar el abasto de maíz con calidad, y sanidad basándose en los criterios de sustentabilidad en regiones estratégicas de GRUMA a nivel nacional”. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla, Chiapas. 20 p.

- Cox, W. J. y Cherney, H. J. 2005. Timing corn forage harvest for bunker silos. *Agron. J.* 97:142-146.
- Delgado R. F., F. Guevara Hernández. y R. Acosta Rincón. 2018. Criterios campesinos para la selección de maíz (*Zea mays* L.) en Villaflores y Villa Corzo, Chiapas, México. *Ciencia UAT.* 13(1): 123-134. Doi.org/10.29059/cienciauat.v13i1.985.
- García S. J., R. K. Skaggs y M. Borja B. 2016. Identificación de las regiones productoras de maíz más competitivas en México en base a la logística y al consumo. *Interciencia.* 41(6): 376–381.
- Hill, W. G. y T. F. Mackay. D. S. Falconer 2004. An Introduction to quantitative genetics. *Genetics.* 167(4):1529–1536.
<https://doi.org/10.1093/genetics/167.4.1529>
- Hurtado Anchondo, J. R., J. A. Hernández Guzmán, J. I. Olvera Hernández, L. del C. Lagunes Espinoza., E. Pérez Ramírez y J. de D. Guerrero Rodríguez. 2020. Producción y calidad de grano y rastrojo en maíces en el altiplano poblano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* (24):69–80.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2359>
- Mábio, S. J., C. J. Clóves, C. Pérez Elizondo, T. T. Tais y O. M. Punte. 2015. Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil. *R. Bras. Zootec.* 44(9):303-313.
- Martínez Yáñez, B., M. Tadeo Robledo, I. Benítez Riquelme, G. Vázquez Carrillo, A. Espinosa Calderón, J. A. Mejía Contreras, C. López López y F. Martínez Díaz. 2017. Productividad de híbridos no convencionales de maíz de endospermo amarillo para Valles Altos de México. *Agrociencia.* 51(6): 635-647. Recuperado en 10 de abril de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000600635&lng=es&tlng=es.
- Martínez Yáñez, B., M. Tadeo Robledo., I. Benítez Riquelme., G. Vázquez Carrillo., A. Espinosa Calderón., J. A. Mejía Contreras., C. López López & F. Martínez Díaz. (2017). PRODUCTIVIDAD DE HÍBRIDOS NO CONVENCIONALES DE MAÍZ DE ENDOSPERMO AMARILLO PARA VALLES ALTOS DE MÉXICO. *Agrociencia*, 51(6), 635-647. Recuperado en 01 de junio de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000600635&lng=es&tlng=es.
- Neylon, J. M. y L. Kung. 2003. Effects of cutting and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 86:2163-2169.
- Núñez Hernández, G., A. Anaya Salgado, R. Faz Contreras y H. Serrato Medina. 2015. Híbridos de maíz forrajero con alto potencial de producción de leche de bovino. *Agrofaz.* 15(1):49-56.
- Núñez Hernández, G., J. A. Payán García, A. Peña Ramos, F. González Castañeda, O. Ruiz Barrera y C. Arzola Álvarez. 2010. Caracterización agronómica y nutricional del forraje de variedades de especies anuales en la región norte de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.* 1(2): 85-98. Recuperado en 15 de marzo de 2023, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242010000200001&lng=es&tlng=es.

- Núñez Hernández, G., R. Faz Camacho, F. González Castañeda y A. Peña Ramos. 2005. Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje. *Técnica Pecuaria en México*. 43(1):69-78.
- Olague Ramírez, J., J. A. Montemayor Trejo, S. R. Bravo Sánchez, M. Fortis Hernández, R. A. Aldaco Nuncio y E. Ruiz Cerda. 2006. Características agronómicas y calidad del maíz forrajero con riego sub-superficial. *Técnica Pecuaria en México*. 44.(3):351-357.
- SAGARPA. 2017. Agenda Técnica Chiapas SAGARPA. Maíz de temporal (regiones de clima cálido). México, D. F. pp: 69-85.
- SAS, Institute. 2002. Statistical Analysis System User's Guide. SAS Institute. Cary. USA. 956 p.
- Satter, L D., V. Moreira, H. Santos, Z. Wu y F. Kanitz. 2000 *Relative feeding value of diverse corn silage hybrids*. In: Proc. of UW. Arlington Dairy Day. Arlington Wi. pp:31-46.
- SIAP. 2020. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Smith, J. D. y M. L. Kinman. 1965. El uso de la regresión padre-hijo como estimación de la heredabilidad. *Crop Sci*. 5(6): 595-596.
- Tilley, J. M. A. y R. A. Terry. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and Forage Science*. 18:104-111, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>
- Van Soest, P. J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *Journal Animal Science*. 26(18):119-128.
- Velasco Macias, S., M. Tadeo Robledo, A. Espinosa Calderón, J. Zaragoza Esparza, E. Canales Islas y B. Coutiño Estrada. 2022. Rendimiento de grano, forraje y calidad forrajera de nuevos híbridos de maíz de Valles Altos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 13(1): 77-87. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i1.2398>
- Zaragoza Esparza, J., M. F. Medina Fernández, M. Tadeo Robledo, A. Espinosa Calderón, C. López López, E. Canales Islas, A. Chávez Gordillo y H. Alonso Sánchez. 2021. Productividad y calidad de forraje de híbridos trilineales de maíz para Valles Altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 44(4):537-544. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.537>
- Zaragoza Esparza, J., M. Tadeo Robledo, A. Espinosa Calderón, C. López López, J. C. García Espinosa, B. Zamudio González, A. Turrent Fernández y F. Rosado Núñez. 2019. Rendimiento y calidad de forraje de híbridos de maíz en Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 10(1):101-111. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1403>