

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS

**RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRITIVA DE CUATRO CULTIVARES
DE MAÍZ (*Zea mays*) DESTINADOS A ENSILAJE COMO
ALIMENTACIÓN ANIMAL**

ANAYANSI SOTO BONILLA

8-972-9

PANAMÁ, PANAMÁ
REPÚBLICA DE PANAMÁ

2025

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS

**RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRITIVA DE CUATRO CULTIVARES
DE MAÍZ (*Zea mays*) DESTINADOS A ENSILAJE COMO
ALIMENTACIÓN ANIMAL**

ANAYANSI SOTO B.

8-972-9

PANAMÁ, PANAMÁ
REPÚBLICA DE PANAMÁ

2025

**RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRITIVA DE CUATRO CULTIVARES
DE MAÍZ (*Zea mays*) DESTINADOS A ENSILAJE COMO
ALIMENTACIÓN ANIMAL**

**TESIS DE GRADO SOMETIDA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL DEBE SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**

APROBADO:

PROF. ING. EDGAR A. POLO L. M.Sc.



DIRECTOR

PROF. ING. LEONEL MEDINA



ASESOR

PROFA. ING. MAYRA HERRERA M.Sc.



ASESORA

**PANAMÁ, PANAMÁ
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2025

AGRADECIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento a:

Dios principalmente, por darme salud, paciencia, sabiduría e inteligencia durante mis estudios para culminar y alcanzar con éxito mi licenciatura.

A mis padres Horiela Bonilla y Ovidio Soto por contar con su apoyo económico a lo largo de mis años de estudios académicos. A mi hermano Orlando Soto y mi abuelo Julián Bonilla, por su compañía y apoyo emocional durante este proceso.

A mi Sensei Kathia De Gracia y Pablo González por toda su ayuda en mi camino universitario y siempre contar con su apoyo incondicional.

A los profesores Edgar Polo, Yaliska Moreno, Leonel Medina, Ana Rodríguez y Mayra Herrera por brindarme todo su apoyo, tiempo y experiencia durante esta investigación.

Al Hogar de Ancianos Bolívar en Mateo Iturralde – Panamá, por permitir realizar el proyecto de investigación en los terrenos de este. Y a su vez a los trabajadores del Hogar de ancianos por su ayuda en la fertilización y recolección de muestras.

A los compañeros Daybeth González, Santiago Restrepo por brindarme su apoyo físico en la parte del establecimiento de las parcelas de maíz.

Al laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, sede central por permitir realizar los diferentes análisis de muestras foliares para la bromatología de los cuatros cultivos de maíz.

A los profesores que fueron parte de mi formación académica en el transcurso de mi estadía en la Facultad de Ciencias Agropecuarias sede Panamá y Chiriquí durante el período académico 2020-2023.

Por último, a mis compañeros (as): Daybeth González, Maycol Martínez, Santiago Restrepo, Milena Ledgister, Gloribeth Gómez, Alejandra Zamora, David Pérez, Joel Nazas, Eurys Córdoba por hacer mi paso por la Facultad de Ciencias Agropecuarias ameno y reconfortante.

¡Gracias a Todos!

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada:

A Dios por haberme dado las fuerzas de continuar con mis estudios y no rendirme para poder así lograr mis objetivos.

A mis padres por haberme exigido, aconsejado y apoyado durante todos mis años de estudios tanto académicos como universitarios hasta ver culminada esta etapa como profesional. También por sus sacrificios y arduo trabajo fueron mi motivación para concluir con éxito este proyecto.

A mis hermanos de IDP que siempre me respaldaron con su presencia y cariño impulsándome a salir adelante, además, de saber que mis logros también son los suyos.

Por último, dedico este trabajo a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo incondicional. Finalmente, a cada lector que desee ampliar sus conocimientos o para que esta investigación les sea de referencia.

RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRITIVA DE CUATRO CULTIVARES DE MAÍZ (*Zea mays*) DESTINADOS A ENSILAJE COMO ALIMENTACIÓN ANIMAL

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el rendimiento y la calidad nutritiva de tres materiales genéticos híbridos de maíces: DASS-3383, IMV-1102, IMV-1816 y una variedad desarrollada por el IDIAP: Precoz amarillo, para la elaboración de ensilaje. El experimento fue desarrollado en el Hogar Bolívar, provincia de Panamá. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de las unidades experimentales consistió en 16 parcelas con una distancia de 5.00 m de largo y 3.35 m de ancho y cuatro surcos por parcela, con una separación de 0.85 m entre hileras. La preparación del terreno fue convencional. La semilla se depositó en el fondo lateral al surco y se cubrió manualmente con tierra. Se fertilizó al momento de la siembra con abono completo 12-24-12 a razón de 272 kg/ha (4 qq/ha) de abono completo y 3.5 qq/ha de urea fraccionada en dos aplicaciones a los 21 y 35 dds. El corte se realizó a los 48 días a ras del suelo. Para el análisis del ensayo se evaluaron las siguientes variables: altura de la planta (cm), rendimiento de hoja y tallo (kg/ha), rendimiento de biomasa (Kg/ha). Se obtuvieron submuestras de forrajes para determinar materia seca, proteína, ceniza y fibra cruda. No presentaron diferencias ($P>0.05$) entre los cultivares en cuanto a la altura de plantas, presentando un promedio de 218.89 cm altura. En el rendimiento de las porciones estudiadas y la planta total no presentaron diferencias ($P>0.05$) entre los maíces. Mientras que la materia seca forraje total mostraron diferencias ($P<0.05$). Los contenidos de proteína, ceniza y fibra cruda, no indicó diferencias ($P>0.05$) entre los cultivares. La proteína, ceniza y la fibra cruda, presentaron diferencias ($P<0.05$) entre parte de planta. La parte de la hoja presentó mayores niveles de proteína y ceniza. Mientras que el tallo se caracterizó por presentar mayores niveles de fibra cruda. Los cultivares de maíz DASS-3383, IMV-1102, IMV-1816 y Precoz amarillo presentan rendimientos productivos y calidad nutritiva aceptables y buenos, por tanto, se consideran forrajes aptos para la elaboración de ensilaje para la alimentación animal.

PALABRAS CLAVES: ensilaje, maíces forrajeros, manejo agronómico, producción, calidad.

YIELD AND NUTRITIONAL QUALITY OF FOUR CORN (*Zea mays*) CULTIVARS INTENDED FOR SILAGE AS ANIMAL FEED

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the performance and nutritional quality of three hybrid genetic materials of corn: DASS-3383, IMV-1102, IMV-1816 and a variety developed by IDIAP: Precoz Amarillo, for the elaboration of silage. The experiment was developed in Hogar Bolívar, province of Panama. The experimental design of randomized complete blocks with four replications was used. The size of the experimental units consisted of 16 plots with a distance of 5.00 m long and 3.35 m wide and four furrows per plot, with a separation of 0.85 cm between rows. The preparation of the land was conventional. The seed was placed in the lateral bottom of the furrow and was manually covered with soil. Fertilization was applied at the time of sowing with complete 12-24-12 fertilizer at a rate of 272 kg/ha (4 qq/ha) of complete fertilizer and 3.5 qq/ha of fractionated urea in two applications at 21 and 35 dds. The cutting was done at ground level 48 days later. For the analysis of the trial the following variables were evaluated: plant height (cm), leaf and stem yield (kg/ha), biomass yield (kg/ha). Subsamples of forage were obtained to determine dry matter, protein, ash and crude fiber. There were no differences ($P>0.05$) between the cultivars in terms of plant height, with an average height of 218.89 cm. There were no differences ($P>0.05$) between the corn cultivars in terms of yield of the portions studied and the total plant. While the total forage dry matter showed differences ($P<0.05$). The protein, ash and crude fiber contents did not indicate differences ($P>0.05$) between the cultivars. The protein, ash and crude fiber presented differences ($P<0.05$) between plant parts. The leaf part presented higher levels of protein and ash. While the stem was characterized by presenting higher levels of crude fiber. The corn cultivars DASS-3383, IMV-1102, IMV-1816 and Precoz Amarillo present acceptable and good productive yields and nutritional quality, therefore, they are considered suitable forages for the production of silage for animal feed.

KEY WORDS: silage, forage corn, agronomic management, production, quality.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Página
Página de Título.....	i
Página de Aprobación.....	ii
AGRADECIMIENTO _____	iii
DEDICATORIA _____	iv
RESUMEN _____	v
ABSTRACT _____	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO _____	vii
ÍNDICE DE TABLAS _____	x
ÍNDICE DE FIGURAS _____	xii
ÍNDICE DE ANEXOS _____	xiii
INTRODUCCIÓN _____	xv
I ASPECTOS GENERALES _____	17
1.1 Planteamiento del problema a investigar _____	17
1.2 Antecedentes _____	19
1.3 Justificación _____	21
1.4 Objetivos _____	22
1.4.1 Generales _____	22
1.4.2 Específicos _____	22
1.5 Hipótesis _____	23
1.5.1 Hipótesis alterna (Ha) _____	23
1.5.2 Hipótesis Nula (Ho) _____	23
II REVISIÓN DE LITERATURA _____	24
2.1 Origen del Zea mays _____	24
2.2 Principales características del Maíz _____	24
2.2.1 Definición de híbrido _____	25
2.2.2 Definición de Variedad _____	25
2.3 Descripción botánica y taxonómica _____	26
2.3.1 Clasificación botánica _____	26
2.3.2 Clasificación taxonómica _____	26
2.4 Descripción morfológica _____	27
2.4.1 Raíces _____	27
2.4.2 Hojas _____	27

2.4.3	Tallos	28
2.4.4	Inflorescencia	29
2.4.5	Mazorcas	30
2.4.5.1	Grano de Maíz	30
Tabla 4. Comparación y diferencias de las características morfológicas de los 4 cultivos de maíz		31
2.5	Características agronómicas del cultivo de Maíz (Zea mays)	32
2.5.1	Adaptación a Suelos	32
2.5.2	Adaptación al Clima	33
2.5.3	Requerimiento de Luz solar	33
2.5.4	Requerimiento de temperatura	34
2.5.5	Requerimiento de agua	34
2.6	Manejo y Prácticas culturales para el cultivo de Maíz (Zea mays)	35
2.6.1	Época de siembra	35
2.6.2	Preparación del suelo	35
2.7.2.1	Labranza convencional	35
2.7.2.2	Labranza de conservación	36
2.6.3	Distancia de siembra	37
2.7.3.1	Cantidad de semilla	37
2.7.3.2	Densidad de siembra	38
2.6.4	Método de siembra	40
2.6.5	Manejo de la fertilización en el cultivo de maíz	40
2.7.5.1	Control de malezas	42
2.7.5.2	Control de plagas	44
2.7.5.3	Control de enfermedades	44
2.7	El Ensilaje como alternativa de conservación para la alimentación animal	45
2.7.1	Definición	45
2.7.2	Proceso de fermentación	45
2.7.3	Ventajas del proceso de ensilado	45
2.7.4	Desventajas del proceso de ensilado	46
2.8	Fases de la fermentación	46
2.8.1	Etapa 1. Fase aeróbica	47
2.8.2	Etapa 2. Fase de fermentación láctica	47
2.8.3	Etapa 3. Fase estable	48
2.8.4	Etapa 4. Fase de deterioro aeróbico	49
2.8.5	Etapa 5. Fase de deterioro indefinido	50
2.9	Efectos temperatura	50
2.10	Efecto del pH	51
2.10.1	Relación entre el pH y la calidad del ensilado	51
2.11	Aspectos que indican la calidad del ensilaje	52
2.11.1	Ensilaje de excelente calidad	52
2.11.2	Ensilaje de buena calidad	53
2.11.3	Ensilaje de calidad regular	53
2.11.4	Ensilaje de Mala Calidad	54

2.12	Valor nutritivo del ensilaje de maíz _____	55
2.13	Tiempo optimo del material vegetal a cortar para ensilar _____	56
2.14	Consumo de ensilaje de maíz en animales _____	58
III	MATERIALES Y MÉTODOS _____	60
3.1	Área de estudio (Localización). _____	60
3.2	Ubicación de las parcelas, establecimiento del Diseño experimental y tratamientos _____	61
3.3	Preparación del suelo y sistema de siembra _____	63
3.3.1	Fertilización y control de malezas _____	64
3.4	Variables por evaluar _____	65
3.5	Descripción del procedimiento para las variables a medir en campo _____	65
3.6	Descripción del procedimiento para las variables a medir en el laboratorio _____	67
3.7	Modelos estadísticos de las variables evaluadas _____	68
3.8	Análisis estadístico _____	68
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____	70
4.1	ALTURA DE PLANTA (cm) _____	70
4.2	RENDIMIENTO DE HOJA (Forraje verde) (Kg/ha). _____	72
4.3	RENDIMIENTO DE TALLO. (Forraje verde) (Kg/ha) _____	74
4.4	RENDIMIENTO DE BIOMASA (Hoja- Tallo) (Kg/ha) _____	76
4.5	MATERIA SECA (Forraje total) (%) _____	78
4.6	PROTEÍNA CRUDA (%) _____	81
4.7	CENIZA (%) _____	84
4.8	FIBRA CRUDA (%) _____	86
	CONCLUSIONES _____	88
	RECOMENDACIONES _____	89
	REFERENCIAS CITADAS _____	90
	ANEXOS _____	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de híbridos de maíz _____	25
Tabla 2. Tipos de variedades de maíz _____	25
Tabla 3. Clasificación taxonómica del maíz _____	26
Tabla 4. Comparación y diferencias de las características morfológicas de los 4 cultivos de maíz _____	31
Tabla 5. Temperatura mínima, máxima y óptima requerida por el cultivo de maíz para una adecuada producción. _____	33
Tabla 6. Recomendaciones a la condición de la semilla de maíz y la cantidad para sembrar _____	38
Tabla 7. Muestra las distancias entre surcos y plantas dentro del surco para obtener las diferentes poblaciones de plantas por hectárea. _____	39
Tabla 8. Efecto del pH (Compactación y acidez del ensilado) _____	51
Tabla 9. Relación entre el pH y la calidad del ensilaje _____	51
Tabla 10. Contenido nutricional del ensilaje de maíz _____	56
Tabla 11. Análisis de suelo del terreno Hogar Bolívar _____	60
Tabla 12. Tabla Nombre, color del grano, tipo de cultivar y origen de maíz a evaluar _____	61
Tabla 13. Análisis de varianza de altura de planta en (cm) para los cuatros cultivares de maíz (Zea mays), estudiados. _____	70
Tabla 14. Análisis de varianza para rendimiento de hoja en (ton/ha) para los cuatros cultivares de maíz (Zea mays), estudiados. _____	72
Tabla 15. Análisis de Varianza para rendimiento de tallo en (Kg/ha) para los cuatros cultivares de maíz (Zea mays), estudiados. _____	74
Tabla 16. Análisis de Varianza de Biomasa en (Kg/ha) para los cuatros cultivares de maíz (Zea mays), estudiados. _____	76
Tabla 17. Análisis de varianza para Materia seca – Forraje total (%) para los cuatros cultivares de maíz (Zea mays), estudiados. _____	78
Tabla 18. Análisis de varianza para los contenidos de proteína en (%) para los cuatros cultivares de maíz (Zea mays), estudiados. _____	81

Tabla 19. Análisis de varianza para los niveles de ceniza en (%) para los cuatros cultivares de maíz (*Zea mays*), estudiados. _____ **84**

Tabla 20. Análisis de varianza para los niveles de fibra cruda en (%) para los cuatros cultivares de maíz (*Zea mays*), estudiados. _____ **86**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología del tallo y de las hojas de la planta de maíz _____	28
Figura 2. Inflorescencia femenina (mazorca) _____	29
Figura 3. Inflorescencia masculina (panoja) _____	29
Figura 4. Esquemización del grano de maíz _____	30
Figura 5. Niveles críticos para fósforo, potasio, calcio y magnesio _____	41
Figura 6. Ingredientes activos recomendados para el control de malezas en el cultivo de maíz _____	43
Figura 7. Estado de madurez del grano, porcentaje de materia seca y momento óptimo para la cosecha del maíz para ensilaje _____	57
Figura 8. Esquema del terreno y distribución de los tratamientos _____	62
Figura 9. Bosquejo de cómo se realizó la siembra según el método utilizado en el ensayo _____	63
Figura 10. Altura de planta (cm) en función a los cuatro cultivares de maíz estudiados. _____	71
Figura 11. Rendimiento de hoja (Kg/ha) de los cuatro cultivos de maíz estudiados. _____	73
Figura 12. Rendimiento en tallo (Kg/ha) de los cuatro cultivos de maíz estudiados _____	75
Figura 13. Rendimiento de biomasa (hoja-tallo),(Kg/ha) de los cuatro cultivares de maíz estudiados. _____	76
Figura 14. Materia seca (Forrajes total (hoja-tallo) (%), en los cultivares de maíz estudiados _____	79
Figura 15. Niveles de proteína (%) en función a la parte de la planta de los cuatro cultivares de maíz estudiados. _____	83
Figura 16. Niveles de ceniza (%) en función a la parte de la planta de los cuatro cultivares de maíz estudiados. _____	85
Figura 17. Niveles de fibra cruda (%) en función a la parte de la planta de los cuatro cultivares estudiados. _____	87

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°1. Delimitando las parcelas donde se realizó el ensayo. _____	97
Anexo N°2. Reconocimiento donde se iba a establecer el ensayo _____	97
Anexo N°3. Día de Siembra de los cultivos de maíz (miércoles 1 de junio 2022) _____	98
Anexo N°4. Semillas de los 4 tipos de maíz a utilizar para el ensayo _____	98
Anexo N°5. Realizando la Siembra del maíz _____	99
Anexo N°6. Supervisión de la Ing. Ana Rodríguez en el sistema de siembra utilizado _____	99
Anexo N°7. Germinación de las semillas luego de 6 días de la siembra (lunes 6 junio 2022) _____	100
Anexo N°8. Parcelas a 15 días postsiembra (miércoles 15 junio 2022) _____	100
Anexo N°9. Observación de los bloques del ensayo post siembra _____	101
Anexo N°10. Crecimiento de las plantas de maíz a los 15 días de siembra. _	101
Anexo N°11. Observación del crecimiento de los cultivos de maíz a los 25 días postsiembra (viernes 24 de junio 2022) _____	102
Anexo N°12. Primera fertilización con Urea, colocándola de forma fraccionada en partes iguales a los 21 dds a razón de 136.4 kg/ha. _____	103
Anexo N°13. Inspección de la incidencia de plagas en las plantas de maíz _____	103
Anexo N°14. Segunda fertilización con Urea colocándola de forma fraccionada en partes iguales a los 33 dds. a razón de 181.8 kg/ha _____	104
Anexo N°15. Cosecha de los 4 cultivos de maíz a los 48 días de edad (lunes 18 de julio 2022). _____	105
Anexo N°16. Corte del material vegetal de los 4 cultivares de maíz y su pesaje _____	105
Anexo N°17. Corte de la muestra representativa de hojas y tallo para analizar en el laboratorio de suelos y nutrición de la Facultad de Ciencias Agropecuaria y Rotulo de las bolsas con los pesos. _____	105
Anexo N°18. Pesaje de los 2 gramos a incinerar de muestra vegetal previamente molida y secada a 105°. _____	106
Anexo N°19. Realización de la extracción de ceniza en caliente con HCL 1:1.	106

Anexo N°20. Procedimiento para realizar la espectrometría de absorción atómica para obtener los análisis de Ca, K. _____	106
Anexo N°21. Aforo del matraz volumétrico de 50 ml de agua destilada para análisis de Fósforo. _____	107
Anexo N°22. Adición de solución de 10 ml de molibdo – vanadato de amonio a la muestra. _____	107
Anexo N°23. Tubos de ensayos donde posteriormente se realizó la lectura de la absorbancia a los 470 nm en el espectrofotómetro de marca Shimatzu. Para el análisis de Fósforo. _____	107
Anexo N°24. Realización del análisis de fibra cruda, procedimiento que está basado en la digestión de la muestra en soluciones ácidas y básicas. _____	108
Anexo N°25. Procedimiento del análisis de proteína. Imagen#1: Colocación de los tubos en el digestor por 45 minutos. Imagen #2: Titulación del destilado con HCL hasta lograr la coloración morada. Imagen #3: Lectura del contenido de nitrógeno en muestra a través de la metodología Kjeldahl. _____	108

INTRODUCCIÓN

En Panamá, durante la época seca los requerimientos alimenticios del ganado bajo pastoreo no son alcanzados, principalmente en lo que se refiere a proteína, debido a que los pastos, aunque secos, conservan cierta cantidad de energía tienden a decaer su calidad nutritiva. Por ende, se conoce que existe una reducción en la cantidad y calidad de estos que afecta directamente a los animales, reflejando una disminución de la producción de leche, carne y eficiencia reproductiva.

Con el objetivo de mantener el peso de los animales y la producción adecuada durante todo el año, es necesario implementar alternativas de alimentación que sean económicamente viables y sostenibles, que, a su vez, suministren a los animales los nutrientes requeridos. Anuentes a esta situación, esta investigación busca trabajar en la evaluación de estrategias que sean alternativas de alimentación como el ensilaje de maíz para los animales rumiantes durante la época seca.

Según Wilcox y Rivera (2023), el ensilaje de maíz es fundamental en la alimentación del ganado, ya que es una fuente de nutrición económica y es el complemento ideal en las dietas de sistemas intensivos de estabulación, estabulación temporal y pastoreo. Los productores que emplean este cultivo suplementario no solo buscan obtener un buen rendimiento de materia seca, sino asegurar también un alimento con alto valor nutricional.

Por otra parte, el cultivo del maíz en Panamá es considerado como uno de los rubros más importantes para la ganadería nacional, ya que, es ampliamente utilizado como fuente de forraje en los sistemas de producción bovina. La variabilidad climática condiciona un cambio importante en la producción del cultivo del maíz, pues representa enormes retos y desafíos para los productores quienes se ven en la necesidad de hacer ajustes en el manejo de este cultivar. De este modo, el rendimiento del maíz, como en los demás cultivos, está determinado por el potencial genético de las variedades o híbridos sembrados, influenciado por los factores ambientales.

La adaptación de los sistemas de producción agrícola a estos nuevos eventos climatológicos pasa por la elección correcta de las variedades e híbridos de maíz para cada zona de cultivo, donde la premisa principal es alcanzar los niveles de rendimiento y madurez en un corto periodo, permitiendo así sembrar y cosechar bajo condiciones climáticas adecuadas (Demanet y Canales, 2020).

I ASPECTOS GENERALES

1.1 Planteamiento del problema a investigar

Una opción para aminorar las dificultades por las condiciones limitantes del clima, lo representa el, uso de variedades de grano amarillo de ciclo corto, que aprovechen las condiciones agroclimáticas disponibles; sin embargo, la oferta de este tipo de variedades es limitada. La variedad de maíz precoz amarillo es una variedad resistente a estos problemas y tiene como características principales: precocidad y tolerancia a la sequía, por lo tanto, constituye una respuesta del IDIAP a la sostenibilidad del pequeño productor que siembra maíz en áreas con problemas de humedad limitada, como, por ejemplo, el Arco Seco de Panamá (Camargo y Cordón, 2000).

Según Muñoz (2020), en la ganadería es necesario manejar la variabilidad estacional de las praderas, ya que, como se indicó anteriormente, el forraje disponible fluctúa a lo largo del año, siendo más abundante en ciertas épocas que en otras. Esto implica que la producción de materia seca no sigue un ritmo continuo, a diferencia del consumo constante del ganado. Por lo tanto, la conservación del forraje resulta clave para garantizar la alimentación de los animales durante todo el año, y uno de los métodos más utilizados para este fin es el ensilaje de maíz

Por ende, es importante la investigación dirigida a tecnologías que permitan la conservación de los forrajes, para suplir durante todo el año y en un periodo corto de tiempo las demandas de alimento, por lo que, la elaboración de ensilaje se convierte en una técnica que permite la siembra de diversos cultivos y optimizar el uso de los recursos forrajeros producidos.

En Panamá, generalmente los productores que elaboran ensilaje de maíz retiran las mazorcas de la planta para comercializarla y ensilan el resto de la biomasa, similar a lo reportado por Mancipe et al, 2022. No obstante, la proporción de grano en la planta de maíz impacta la calidad nutricional y la producción de ensilaje. También, plantas con mayor tamaño de mazorca resultan en mayor

producción de biomasa, porcentaje de MS y concentración de energía (Ferreira y Brown, 2016).

En cambio, autores en México, expresan que la producción de maíz para ensilaje en este país se distingue por presentar bajos rendimientos de materia seca por hectárea y un bajo contenido de grano, además de un alto contenido de fibra que reduce la digestibilidad y el valor energético del forraje. Esto se debe, en parte, al uso de híbridos clasificados como "forrajeros", los cuales tienen un porte alto y generan gran cantidad de follaje, así como al manejo orientado a obtener altos volúmenes de materia verde por hectárea (Núñez et al, 2005).

1.2 Antecedentes

El cultivo de maíz es considerado uno de los rubros más importantes para el país. De ahí, que entre las políticas sectoriales del Ministerio de Desarrollo Agropecuario está considerado como uno de los rubros prioritarios en la gestión actual del Gobierno. En el año 2013 fue promulgada la Ley 107, Ley de Granos (Programa de incentivos de la producción nacional de granos) en la que se busca garantizar la seguridad alimentaria, disminuir el costo de la canasta básica, lograr la autosuficiencia de varios rubros, entre los que está el maíz, así como el de recuperar la rentabilidad de este cultivo.

Ante la situación mundial del uso de este grano para la producción de etanol en los países desarrollados, el valor de su tonelada ha ido en aumento, lo que constituye la oportunidad para el productor nacional de incrementar su producción y así contribuyendo con la seguridad alimentaria nacional, la producción sostenible y competitiva del cultivo (Gordón et al., 2019).

Sin duda, los datos mencionados respaldan la relevancia del sector pecuario en el desarrollo socioeconómico del país. Por esta razón, y con el objetivo de contribuir a la implementación de prácticas y técnicas que optimizan la manutención alimentaria del ganado, la investigación busca proporcionar resultados que ayuden a los productores a garantizar el suministro de alimentos y reducir los costos de producción (Wilcox y Rivera, 2023).

El maíz, es uno de los productos agrícolas más importantes de la economía nacional, tanto por su elevada incidencia social, ya que casi las tres cuartas partes de la producción total proviene de unidades familiares campesinas, la mayoría de ellas de economías de subsistencia, como también por constituir la principal materia prima para la elaboración de alimentos concentrados (balanceados) destinados a la industria animal. La producción de maíz duro está destinada en su mayoría (70%) a la industria de alimentos de uso animal; el segundo destino lo representan las exportaciones (22%) y la diferencia la comparten el consumo humano y la producción de semillas (Agripac,.2007).

En Panamá se consumen aproximadamente 487,600 toneladas de maíz por año, de las cuales 89,000 son producidas nacionalmente y el resto son importadas. Del maíz que ingresa a los canales de comercialización, un 12% (58,512 t) se procesa para consumo humano y el mismo es proporcionado en su totalidad por el maíz cosechado a nivel nacional; el 88% restante (429,088 t), corresponde al consumo de la industria de alimentos para animales, el cual es cubierto tanto por el maíz importado como por parte de la producción nacional (Gordón Mendoza, 2021).

En efecto, el año agrícola 2018-2019, aproximadamente 742 productores sembraron 17,812 hectáreas de las cuales se cosechó 81,739 toneladas. Teniendo en cuenta que, solo la provincia de Los Santos produce el 97.1% del maíz nacional. A su vez, en la región de Azuero, el área sembrada de maíz ha fluctuado en los últimos años, con un promedio de 15 mil hectáreas en las últimas diez campañas; esta actividad involucró en promedio unos 600 productores en ambas provincias de esta región (MIDA, 2020).

1.3 Justificación

Por lo anteriormente expuesto y según el conocimiento del autor, no existen informes previos que investiguen el rendimiento y las características nutricionales de la variedad de maíz precoz amarillo en la región de Panamá Centro, en comparación con otros cultivares, para ser utilizados como ensilaje para la alimentación animal. La precocidad de esta variedad y el porte bajo no le permiten producir rendimientos de grano comparable a los híbridos comerciales. Sin embargo, se pueden dar más de dos cosechas al año, con altas probabilidades de éxito (Camargo y Gordón, 2000).

Adicionalmente, en la ganadería, la utilización de ensilaje de maíz se ve reflejada en la producción, ya que, se dispondrá de alimento en la época crítica cuando exista escasez de alimento, por lo que, consideramos que esta investigación aportará información de gran relevancia al evaluar el rendimiento de los cultivares de maíz propuestos, ya que, investigaciones que evalúen la calidad nutricional y el rendimiento de la planta entera de maíz, son escasos.

En la actualidad el costo de producción para elaborar ensilaje en la región de Panamá es elevado debido a diversos factores como los son: la utilización de cultivares de maíz de bajo rendimiento en biomasa, duración del ciclo productivo, la baja fertilización, la época de siembra, entre otros.

La finalidad de este estudio es identificar cual cultivar de maíz (híbrido, variedad precoz o variedad sintética) produce mayor cantidad de biomasa, para que el costo de producción en kg/ha sea más bajo. Esto permitirá una alternativa a los productores para que adecuen un sistema de producción con la implementación y utilización del ensilaje de maíz para tener mayor eficiencia en los sistemas de producción bovina y por ende mejores ganancias económicas en corto tiempo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Generales

- Medir las principales características agronómicas, rendimiento y calidad nutricional de distintos cultivares de maíz (híbridos y variedades) para ser utilizados en ensilaje.

1.4.2 Específicos

- Evaluar la producción de los distintos componentes del rendimiento de biomasa de la planta de maíz de 4 cultivares de maíz (cantidad de materia seca de hojas, tallo, biomasa total) para ensilaje.
- Evaluar las características agronómicas de 4 cultivares de maíz (altura de planta, y total de plantas por metro cuadrado) para ensilaje.
- Evaluar la calidad nutricional de 4 cultivares de maíz (contenido de materia seca, proteína cruda, cenizas y fibra cruda) para ensilaje.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis alterna (Ha)

Existe diferencia significativa entre las características agronómicas y producción de biomasa (rendimiento) y calidad nutricional entre los distintos cultivares de maíz evaluados para ensilaje en este ensayo.

1.5.2 Hipótesis Nula (Ho)

No existe diferencia significativa entre las características agronómicas y producción de biomasa (rendimiento) y calidad nutricional entre los distintos cultivares de maíz evaluados para ensilaje en este ensayo.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen del *Zea mays*

El maíz tiene su origen en México, donde su cultivo comenzó hace aproximadamente 7,000 años. Se considera que los antiguos pueblos de Mesoamérica lo domesticaron a partir del teocintle, una gramínea silvestre que se encuentra en México y Centroamérica (Serratos, J., 2009).

El proceso de domesticación del maíz fue sumamente importante y crucial, ya que permitió que grupos nómadas se establecieran de manera sedentaria, convirtiéndose en la base alimentaria de las civilizaciones mesoamericanas. En Mesoamérica, el maíz era el cultivo más consumido y se le conocía como elote. A su vez, los olmecas y los mayas cultivaban diversas variedades de maíz, que preparaban de distintas formas.

Por consiguiente, luego de la domesticación de este cultivo se da paso a difundirse por todo el continente americano con la llegada de los españoles. Se considera que alrededor del año 1.000 d.C experimentó un proceso de selección y mejoramiento por parte de los agricultores que reconocieron en esta especie un alimento energético de alto valor nutritivo (Listman y Estrada,1992). En el presente, México es el centro de origen del maíz y probablemente tenga la mayor diversidad de maíz del mundo. Aunado a ello, la Secretaría Agricultura y Desarrollo Rural de México en el 2017 mencionó que la palabra "maíz" proviene del caribe y significa "lo que sustenta la vida".

2.2 Principales características del Maíz

El maíz (*Zea mays*) es considerado el tercer cultivo más importante del mundo, según Ortigoza et al.(2019), después del trigo y el arroz, porque está ampliamente adaptado a diferentes condiciones ecológicas y de suelo, se cultiva en casi todas partes del mundo y es un alimento básico para millones de personas, especialmente en América Latina.

2.2.1 Definición de híbrido

El maíz híbrido se refiere a las variedades de maíz que se obtienen del resultado a partir del cruce controlado de diferentes líneas genéticas puras o con características deseables. Este proceso de hibridación busca combinar características favorables de ambas líneas, como un mayor rendimiento, tolerancias a plagas, enfermedades, adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, resistencia al acame y precocidad, entre otras.

Tabla 1. Tipos de híbridos de maíz

Tipos de Híbridos	Cruzamiento
Simple	Cruzamiento de dos líneas puras.
Dobles	Cruzamiento entre dos híbridos simples.
Tres Líneas	Cruzamiento entre un híbrido simple y una línea pura.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.2.2 Definición de Variedad

Por su parte se puede definir a la variedad de un maíz como aquel grano que se ha cultivado durante siglos y es apreciado por su diversidad genética. También, conocido como maíz criollo. Desde el punto de vista de (Germisemillas SAS, 2024) las variedades varietales son resultado de la selección y el cultivo de plantas con características específicas a lo largo de generaciones.

Tabla 2. Tipos de variedades de maíz

Tipos de variedad	Cruzamiento
Polinización libre	Se reproduce de forma aleatoria, sin control, y las plantas de la población tienen características distintivas similares. La polinización se produce de forma natural por el viento, los insectos y el agua.
Sintética	Se obtienen a través de técnicas de mejoramiento genético que combinan diferentes líneas o genotipos para generar una mezcla que posea características deseables.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.3 Descripción botánica y taxonómica

Es fundamental entender ciertos aspectos interesantes de la planta de maíz para comprender mejor su naturaleza y diferentes formas de clasificación a continuación, se describe sus componentes.

2.3.1 Clasificación botánica

El maíz (*Zea mays*) es una planta monocotiledónea anual perteneciente a la familia Poaceae (*Gramineae*), de acuerdo con Gordón M., R. (2021) este cultivo pertenece a la Tribu Andropogoneae, con dos géneros: *Zea* ($2n=20$) y *Tripsacum* ($2n=36$).

El género *Zea*, tiene además de la especie *Z. mays* (maíz común), cuatro especies conocidas generalmente como Teosintes (*Z. mexicana*, *Z. luxurians*, *Z. diploperennis* y *Z. perennis*)

Por su parte Demanet y Canales (2020), describen al maíz como una gramínea anual de crecimiento entre 1 a 5 metros de altura y posee hojas alternas pubescentes en la parte superior y glabras en la parte inferior.

2.3.2 Clasificación taxonómica

Tabla 3. Clasificación taxonómica del maíz

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Liliopsida</i>
Subclase:	<i>Commelinidae</i>
Orden:	<i>Poales</i>
Familia:	<i>Gramineas</i>
Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>mays</i>
Nombre Científico:	<i>Zea mays</i>

Fuente: Ortigoza et al., 2019.

2.4 Descripción morfológica

El maíz (*Zea mays*) es una planta herbácea de porte robusto y con un rápido desarrollo, que presenta características morfológicas distintivas afirma Barandiarán (2020). A continuación, una breve descripción.

2.4.1 Raíces

Posee una raíz primaria desde donde nacen algunas raíces adventicias que le permiten mantenerse erecta. Son fasciculadas y robustas su misión es, además de aportar alimento a la planta, ser un perfecto anclaje de la planta que se refuerza con la presencia de raíces adventicias.

Considera Barandiarán (2020), el sistema radicular se compone de dos tipos de raíces: seminales y adventicias. Por su parte las raíces seminales emergen de la semilla durante la germinación e incluyen la radícula, que es la primera parte que atraviesa el pericarpio, además de un número variable de raíces laterales que se desarrollan en la base del primer entrenudo, justo encima del nudo escutelar. Además, el crecimiento inicial de estas raíces es horizontal, paralela a la superficie del suelo, y posteriormente se orienta hacia abajo. Este sistema radicular es crucial durante las primeras etapas de crecimiento de la plántula, hasta que se forma y establece por completo el sistema de raíces adventicias permanentes.

Las raíces adventicias se desarrollan en los primeros entrenudos, que adoptan una forma cónica invertida. Desde la base de cada entrenudo, se genera una estructura similar a una corona compuesta por 4 a 5 raíces, y su cantidad aumenta con cada entrenudo superior, alcanzando hasta el séptimo u octavo entrenudo por debajo de la superficie del suelo. Cabe señalar que estas coronas de raíces continuarán formándose en los primeros entrenudos que están sobre el suelo, lo que proporciona a la planta de maíz un anclaje eficaz.

2.4.2 Hojas

Las hojas del maíz son alternas, pubescentes en la parte superior y glabras en la parte inferior. Está constituida de vaina, cuello y lámina como se puede observar en la (Figura 1). La vaina foliar es una estructura cilíndrica, abierta hasta

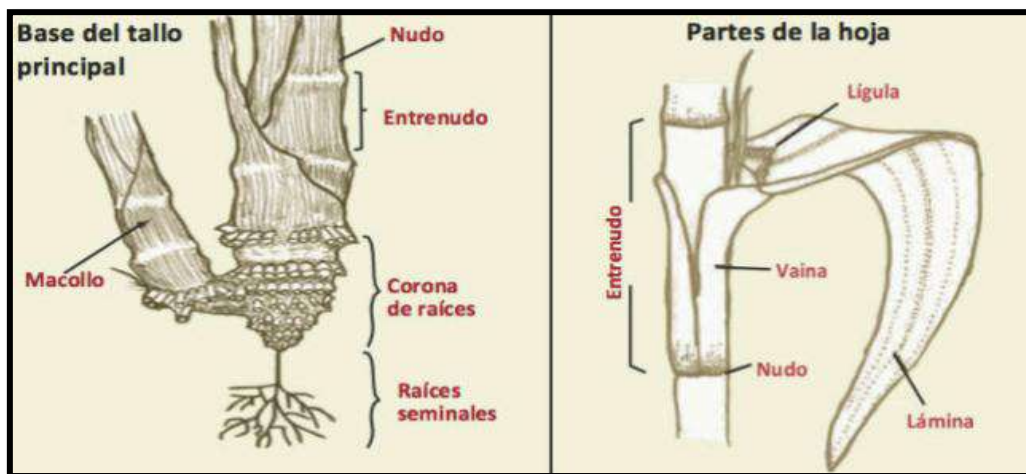
la base, que sale de la parte superior del nudo. El cuello o lígula es la zona de transición entre la vaina envolvente y la lámina abierta. La lámina es una banda angosta y delgada hasta de 1,5 m. de largo por 10 cm. de ancho, que termina en un ápice muy agudo (Ortigoza et al., 2019).

Cabe mencionar que según la literatura la morfología de las hojas ha cambiado notablemente como resultado de la selección genética, de una forma laxa y de mayor área foliar, a hojas erectas y semi erectas, de menor área foliar pero que exponen una mayor superficie de captación de la energía solar, que son características del germoplasma moderno (Barandiarán,2020).

2.4.3 Tallos

Por su parte el tallo es grueso, con epidermis exterior impermeable y transparente. Está compuesto por nudos y entrenudos, los nudos son las partes engrosadas del tallo donde se desarrollan las hojas y las raíces. Los entrenudos son las secciones entre los nudos (Figura 1). En particular el tallo cumple con tres funciones: dar soporte a la planta, transporte de nutrientes y almacenamiento de carbohidratos. Sus hojas tienen forma alargada y se ubican arrolladas al tallo. En cuanto al número de nudos y entrenudos que forman el tallo varía generalmente entre 20 - 30, según la variedad y el ambiente en que se desarrolla la planta.

Figura 1. Morfología del tallo y de las hojas de la planta de maíz



Fuente: Kiesselbach,1949.

2.4.4 Inflorescencia

El maíz es una planta monoica con flores unisexuales; es decir, produce flores masculinas y flores femeninas separadas, pero en la misma planta. De acuerdo con Demanet y Canales (2020), a partir de las yemas axilares de las hojas nacen la inflorescencia femenina (Figura 2), que corresponde a la futura mazorca. Por otro lado, la inflorescencia masculina tiene forma de panícula y está situada en la parte superior de la planta (Figura 3), en la que a partir de los estambres se desarrolla el polen que cae en los pistilos ubicados en la mazorca. La floración masculina ocurre normalmente de 1 a 2 días antes que la floración femenina.

Figura 2. Inflorescencia femenina (mazorca)



Fuente: Barandiarán, 2020.

Figura 3. Inflorescencia masculina (panoja)



Fuente: Barandiarán, 2020.

2.4.5 Mazorcas

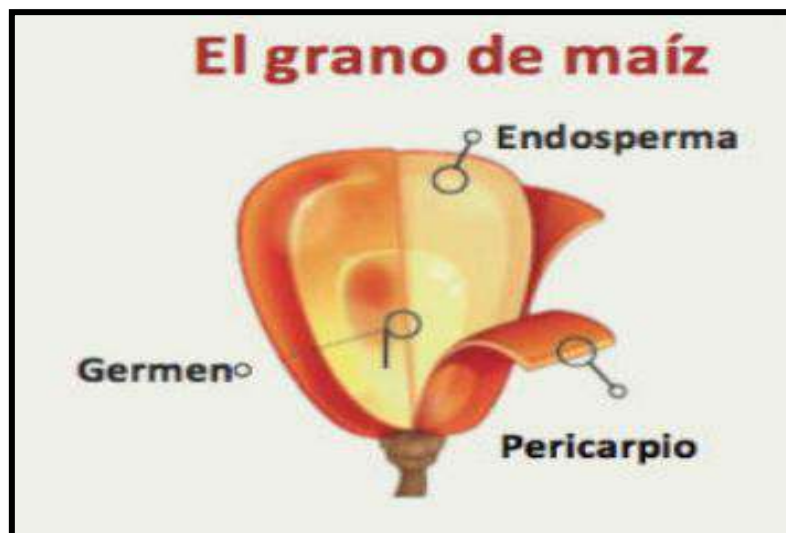
Al contrario de la mayor parte de las gramíneas, en el maíz la espiga es compacta y está protegida por las hojas transformadas, que en la mayoría de los casos la cubren por completo (Ortigoza et al., 2019). Se desarrolla en los nudos del tallo, es la parte que contiene los granos. Cada mazorca está rodeada por brácteas (hojas modificadas) y presenta hileras de granos.

2.4.5.1 Grano de Maíz

El grano es un fruto independiente que posee el nombre de cariósipide en el cual, el intertegumento o pared del saco embrionario se ha unido a la semilla, formada a su vez por el pericarpio, endospermo y embrión o también conocido como germen (Figura 4).

Cabe señalar que el pericarpio “cáscara”, es la parte exterior del grano que protege sus partes interiores. El endospermo, es la parte comestible del grano, rica en almidón, sirve como fuente de energía y representa entre el 80 - 85 % del peso total del grano, está formado por 88 % de almidón y 8 % de proteínas (Barandiarán, 2020). Por último, el Germen o embrión se describe como la parte embrionaria del grano que, al germinar, dará origen a una nueva planta.

Figura 4. Esquemmatización del grano de maíz



Fuente: GeoChemBio, 2020.

Tabla 4. Comparación y diferencias de las características morfológicas de los 4 cultivos de maíz

Características	Cultivares de Maíz			
	IMV-1102	IMV-1816	DAS-3383	Precoz Amarillo
Ciclo	110- 120 dds	110- 120 dds	115-120 dds	90 dds
Color de grano	Amarillo	Amarillo	Naranja	Amarillo
Tipo de grano	Semi Cristalino	Cristalino a Semi Cristalino	Cristalino	Cristalino
Altura de planta (cm)	109 cm	229 cm	225 cm	160 cm
Resistencia al acame	Buena	Buena	Buena	Excelente
Zonas de adaptación	Maíz con tolerancia a Sequía	Maíz con adaptación a todo tipo de suelos	Maíz con adaptación a zonas maiceras	Maíz con adaptación a zonas marginales y con problemas de humedad
Tolerancia a enfermedades	Buena	Buena	Buena	Buena
Densidad de población (Plantas/ha)	57 a 65 mil plantas/ha	75 a 87 mil plantas/ha	60 a 70 mil plantas/ha	66 a 71 mil plantas/ha
Rendimiento promedio (qq/ha)	95 qq/ha	140 qq/ha	70 qq/ha	60 qq/ha
Fuentes:	Gordon et al., (2020)	Gordon, R. (2020)	FarmAgro (2020)	Camargo y Gordon (2000)

2.5 Características agronómicas del cultivo de Maíz (*Zea mays*)

El cultivo de maíz requiere de algunas condiciones mínimas para su normal desarrollo; como toda especie viviente. Según Gordón M, R. (2012), el maíz es uno de los cultivos de mayor variabilidad genética y adaptabilidad ambiental, sembrándose en latitudes que van desde los 55°N a los 40°S y del nivel del mar hasta 3,800 m de altitud. Existen cultivares de menos de 1.0 m de altura, de ocho a nueve hojas y una madurez de 60 días, y otros con más de 5.0 m de altura, de 40 a 42 hojas y una madurez de 340 días.

2.5.1 Adaptación a Suelos

El suelo ideal para el cultivo de maíz es de textura intermedia, de franco a franco-arcilloso. Aunque el maíz puede generar buenas cosechas en una amplia gama de tipos de suelos. Hay suelos excesivamente pesados (arcillosos) y suelos muy sueltos (arenosos); los primeros, por su facilidad a inundarse y, los segundos, por ser propensos a secarse excesivamente no son recomendables para la producción de este cultivo afirma (Gordón Mendoza, R.,2021).

Asi mismo, suelos profundos y de buena estructura, favorecen el desarrollo de un sistema radicular apropiado que permite un anclaje adecuado a la planta, y facilita la toma de nutrientes y de humedad. Un aspecto clave para conocer cómo se encuentran el estado del suelo es recomendable que los productores realicen un análisis de sus suelos, por lo menos una vez cada tres o cuatro años.

En general, los mejores suelos para el cultivo del maíz son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados y aireados; al igual que, profundos y con elevada capacidad de retención para el agua (Llanos, 1984). También, cabe destacar que el pH ideal para la siembra de maíz oscila entre 5.5 a 8.0. aunque el óptimo corresponde a suelos con una ligera acidez (pH entre 6.0 y 7.0). Un pH fuera de esos límites suele aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos; produciéndose toxicidad o carencia del elemento. Con un pH inferior a 5.5, a menudo hay problemas de toxicidad por aluminio (Al) y manganeso (Mn), con carencias de fósforo (P) y magnesio (Mg). Con un pH superior a 8.0 (o

superior a 7.0 en suelos calcáreos), tienden a presentarse carencias de hierro (Fe), manganeso (Mn) y Zinc (Zn) (Lafitte, 1994).

2.5.2 Adaptación al Clima

El maíz exige un clima relativamente cálido y agua en cantidades adecuadas. Para la germinación, la temperatura media diurna mínima debe estar a no menos de 10 °C, siendo la óptima entre los 18 y 20 °C. Para el crecimiento soportan temperaturas como mínimo de 15 °C y como máxima de hasta 40 °C como se observa en la (Tabla 5.), siendo la ideal entre 20 a 30 °C. Y para la floración se necesita temperaturas que estén en promedio de 20 a 30 °C. y con días soleados y noches frías (Bonilla, 2009).

Tabla 5. Temperatura mínima, máxima y óptima requerida por el cultivo de maíz para una adecuada producción.

Etapa	Temperatura		
	Mínima	Máxima	Óptima
<i>Germinación</i>	10 °C	40 °C	20 a 25 °C
<i>Crecimiento</i>	15 °C	40 °C	20 a 30 °C
<i>Floración</i>	20 °C	30 °C	21 a 30 °C

Fuente: Bonilla, 2009.

2.5.3 Requerimiento de Luz solar

Las plantas se desarrollan gracias a la producción de su propio alimento a través de la luz y otros componentes en el proceso de la fotosíntesis. La eficiencia con la cual el maíz emplea la radiación solar dependerá de su desarrollo foliar.

La planta de maíz tiene un metabolismo C-4, lo que significa que se caracteriza por tener una menor respiración en presencia de luz, por lo que aprovecha mejor el proceso fotosintético. Por otro lado, las plantas de metabolismo C-3, como por ejemplo el arroz, cebada, trigo, etc., tienen una mayor respiración en presencia de luz, lo que hace que la fotosíntesis sea menor. Como consecuencia, el maíz es más eficiente en la producción de materia seca, lo que se traduce en un mayor potencial productivo. La relación entre la radiación solar y el rendimiento del cultivo es directa, es decir, a mayor radiación solar, mayor

rendimiento y viceversa. Por esa razón, resulta imprescindible lograr que la población de plantas en un campo de maíz, una vez que alcancen su máximo tamaño, capture casi totalmente la luz solar (Barandiarán, 2020).

2.5.4 Requerimiento de temperatura

Las temperaturas que superan los 30°C y alcanzan los 35°C o más, disminuyen el rendimiento y provocan un cambio cualitativo significativo en la composición de las actividades enzimáticas. Estas se ven afectadas al máximo cuando coinciden temperaturas elevadas y escasez de agua. La temperatura y la humedad del aire se hallan intrínsecamente vinculados en cualquier ubicación. La conjunción de estos elementos es especialmente notoria al final del ciclo; ya que, influye en el retraso de la madurez del grano, mientras que un exceso de humedad puede propiciar la aparición de enfermedades en el cultivo.

2.5.5 Requerimiento de agua

El agua es un componente fundamental en la estructura celular, representando al menos el 85 % de los organismos vegetales. El agua es el medio de transporte de los elementos nutritivos dentro de la planta, los cuales son absorbidos del suelo a través de las raíces, así como de los fotosintatos. Las células desempeñan sus funciones respectivas en entornos con elevados niveles de humedad.

El cultivo de maíz es altamente vulnerable a la escasez de agua, en especial durante el intervalo que abarca desde la floración hasta el llenado del grano. Esta etapa es crítica para la determinación del rendimiento del cultivo. Por lo cual, el consumo de agua varía a lo largo de desarrollo de la planta de maíz; al inicio la demanda por el agua es baja, pero a medida que pasa el tiempo la misma se incrementa para reducir su consumo nuevamente al final del cultivo. Es importante tener en cuenta que la carencia de agua durante la etapa de crecimiento puede marchitar las plantas jóvenes y reducir la densidad de población, así como reducir el número de mazorcas por planta.

No obstante, de acuerdo con diversos estudios el requerimiento hídrico del cultivo de maíz durante todo su ciclo es de 500 a 800 mm de precipitación, la cual debe estar bien distribuida a lo largo del ciclo de cultivo como describe (Gordón (2021) y Ortigoza et al., (2019).

2.6 Manejo y Prácticas culturales para el cultivo de Maíz (*Zea mays*)

2.6.1 Época de siembra

En Panamá se cuenta con tres grandes zonas agroecológicas con potencial para el cultivo de maíz, estas son Azuero, Chiriquí y Darién (Gordón,2021). Por consiguiente, el tiempo de siembra se divide todo el año en: Época seca con riego y En época de lluvia: 1ra coa mayo, 2da coa septiembre. No obstante, debido al cambio climático, las épocas sugeridas pueden variar en cada zona del país, por lo que se les recomienda a los agricultores esperar que las épocas de lluvias estén bien establecidas.

2.6.2 Preparación del suelo

Existen tres tipos de métodos de preparación del suelo para la siembra del cultivo de maíz. Sin embargo, los métodos de labranza difieren dependiendo de las condiciones y la naturaleza del suelo, del clima, de los recursos disponibles en la región y por parte del agricultor, así como de los conocimientos y habilidades de este. Es decir, la elección del método más adecuado dependerá de las condiciones de topografía y del tipo de suelo a cultivar.

2.7.2.1 Labranza convencional

Se puede preparar el suelo de manera convencional cuando el terreno es plano, no erosionable, altamente compactible, y cuando la disponibilidad de tiempo, energía y capital no represente un obstáculo. En este sistema se remueve completamente la superficie del suelo, incorporando el mantillo superficial mediante el uso del arado y una rastra liviana. En los últimos años, se ha prescindido del uso del arado, sustituyéndolo por uno o más pases de Semi-Roma, seguidos de pases posteriores de rastra liviana. La preparación se lleva a cabo durante los meses de junio a julio. Mediante el uso del arado o la semi-roma,

es posible realizar dos pasadas a una profundidad de 20 a 30 cm, con un lapso de 15 días entre cada una. La profundidad requerida para la rastra debe oscilar entre 15 y 20 cm. Para finalizar la preparación del terreno de manera adecuada, se recomienda llevar a cabo entre dos y tres pasadas con el rastrillo, asegurándose de que la última se realice uno o dos días antes de la siembra, en la misma dirección en la que se va a sembrar (Barnett, 1989) y (Gordón, 2021). La eficacia de esta técnica de laboreo está condicionada por el tipo y la textura del suelo, así como por su contenido de humedad. Los suelos que requieren una preparación más cuidadosa son los de textura pesada, como los suelos franco-arcillosos y arcillosos. Estos deben estar bien mullidos, con un buen drenaje y una adecuada aireación.

2.7.2.2 Labranza de conservación

También conocida como labranza no convencional es aquella que minimiza o elimina el movimiento del suelo para su preparación antes de la siembra. Este tipo de labranza previene la erosión del suelo, ya sea por acción del viento o por la irrigación, además de evitar la compactación ocasionada por el constante tráfico de maquinaria.

a) Labranza mínima: En este tipo de labranza se incluyen todas aquellas técnicas que involucran una o más operaciones mecánicas sin la incorporación completa del rastrojo o residuo superficial. La siembra romana se emplea durante el mes de julio para incorporar (20 a 30 cm de profundidad) o eliminar parcialmente la maleza existente en el suelo. Después de 10 a 15 días antes de la siembra, se procede a aplicar un herbicida quemador para el control de las malezas que surgen desde la preparación del suelo hasta el momento de la aplicación de los herbicidas (Gordón, 2021).

b) Labranza cero: Con esta labranza se prepara únicamente una franja estrecha, la cual es resultado del corte realizado por los discos de la máquina sembradora o por la punta de un palo o coa. Una semana antes

de la siembra, el terreno es tratado con un herbicida como el glifosato (de 0.82 a 1.64 kg de ingrediente activo por hectárea) (Gordón, 2021). Si la maleza en el terreno supera el metro de altura, debe ser eliminada ya sea de forma manual (con machete) o mecánica (con chapeadora). También es posible dejar el rastrojo del cultivo previo, disponiendo los tallos de maíz en dirección a la nueva siembra.

2.6.3 Distancia de siembra

Las distancias de siembra y la cantidad de semilla por golpe determinan la densidad y la cantidad de semilla a utilizar. Las distancias son: la distancia entre surco o calle y la distancia entre planta.

En términos generales, las distancias recomendadas son:

- Para la siembra mecanizada es: 75 cm entre surcos para cultivares de porte bajo y hasta 90 cm para los de porte alto y entre 20 y 25 cm entre plantas.
- Para la siembra a chuzo: 75 cm entre hileras, 50 cm entre golpes de siembra y dos semillas por sitio de siembra.

Así mismo, para la siembra de semilla registrada o certificada, se recomienda ampliar un poco las distancias para obtener una mejor calidad de producto. Siendo estas:

- 0,80 m entre calle y 0,30 m entre planta por una semilla por golpe para siembra mecanizada.
- 0,80 m entre calle y 0,60 m entre planta por dos semillas por golpe para siembra a chuzo.

2.7.3.1 Cantidad de semilla

Para evitar problemas a momento de la siembra, la semilla debe ser tratada al menos 24 horas antes de iniciar la siembra. Es importante, a su vez realizarle una prueba de germinación a las semillas antes de sembrar. Por otra parte, la profundidad de siembra también es crucial para una correcta siembra es

recomendable para el maíz de tierras tropicales bajas entre 5 a 7 cm, pero puede ser de hasta 10 cm cuando la semilla es grande y sana (Lafitte, 1994). Algunas recomendaciones en cuanto a la condición de la semilla, y cantidad dependiendo del tipo de siembra se resumen a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6. Recomendaciones a la condición de la semilla de maíz y la cantidad para sembrar

CARACTERÍSTICAS PARA CONSIDERAR	
Germinación de la semilla	80% mínimo
Pureza genética	99 % en la semilla
Kg por ha de semilla a utilizar	20,00 a 25,00 kg/ ha de semilla de calidad.
Profundidad de semilla	3,00 -5,00 cm (dependiendo del tipo de suelo).
Cantidad de semilla (Siembra mecanizada)	2 semillas por golpe
Cantidad de semilla (Siembra a chuzo)	2 a 3 semillas por golpe

Fuente: Elaboración propia, 2024

2.7.3.2 Densidad de siembra

Se entiende por densidad de siembra: “La cantidad de plantas por área”. En este caso sería, el número de plantas de maíz en una hectárea. La densidad ideal para un cultivar es aquella que produce el mayor rendimiento de grano cuando el cultivo se desarrolla en condiciones favorables (sin limitaciones de suelo y clima) situación poco frecuente en los campos. Por ende, la densidad que propicia el óptimo rendimiento de grano en campos de agricultores, bajo las variaciones anuales de clima y técnicas de cultivo, difiere de la ideal. Por lo cual, si la densidad se adapta por la sequía, es importante tener en cuenta que debe prestarse atención al control de malezas.

Cabe Señalar que estudios realizados la región de Azuero (Gordón, 2012) indican que las poblaciones de plantas al momento de la cosecha que optimizan el rendimiento de grano son de 57 a 65 mil plantas/ha. En la Tabla 7. muestra las distancias entre surcos y plantas dentro del surco para obtener las diferentes poblaciones de plantas por hectárea.

Tabla 7. Muestra las distancias entre surcos y plantas dentro del surco para obtener las diferentes poblaciones de plantas por hectárea.

N° Plantas/ha	Distancia entre surcos (cm)		
	75	80	90
	Distancia entre plantas (cm)		
65,000	20	19	17
60,000	22	21	18
57,000	23	22	19

Fuente: Gordón, 2012.

Una menor cantidad de plantas de maíz permite menos sombra, lo que beneficia el desarrollo de las malezas en el terreno. Autores como (Gordón, 2021) recomienda una vez tomada la decisión sobre la densidad sugerida, es importante calcular las pérdidas previstas desde la siembra hasta la cosecha. Esto permitirá determinar la tasa de siembra adecuada. Para ello, se comparará la densidad de cosecha en la zona con la cantidad de semillas que el agricultor siembre.

Se divide la densidad de siembra recomendada por (1 - % de pérdidas) Para obtener la tasa recomendada de siembra. Un ejemplo de esto es cuando se sugiere sembrar un cultivo con una densidad de 65,000 plantas por hectárea, se estima que aproximadamente el 5% de las plantas se perderán entre la siembra y la cosecha debido a insectos y enfermedades. Por lo tanto, (Gordón, 2021) describe **la tasa de siembra recomendada como: $TRS = DSR / (1 - \% \text{ pérdidas por plagas})$.**

En donde:

TRS = Tasa de siembra recomendada

DSR = Densidad de siembra recomendada.

Remplazando del ejemplo anterior:

$$TRS = 65,000 \div (1 - 0.05) = \mathbf{68,420 \text{ semillas por hectárea.}}$$

Si hay 60,000 semillas en una bolsa, entonces se necesita utilizar **1.2 bolsas de semillas por ha.**

2.6.4 Método de siembra

El maíz (*Zea mays*) se puede sembrar utilizando varios métodos, dependiendo de las condiciones del terreno, el clima y los recursos disponibles. A continuación, se describe los métodos más comunes:

- a. **Siembra Directa:** Este es el método más utilizado. Consiste en sembrar las semillas directamente en el suelo preparado. Se pueden hacer surcos o hoyos a una profundidad de 5 a 7 cm, y se colocan de 2 a 4 semillas por hoyo, dependiendo de la variedad y el espacio disponible. Luego, se cubren con tierra.
- b. **Siembra en Surcos:** En este método, se preparan surcos en el terreno y se siembran las semillas a lo largo de ellos. La distancia entre surcos puede variar, pero generalmente se recomienda entre 70 y 90 cm. Las semillas se colocan a una distancia de 20 a 30 cm entre sí dentro del surco.
- c. **Siembra mecánica:** En explotaciones agrícolas más grandes, se utilizan sembradoras mecánicas que permiten una siembra más rápida y uniforme. Estas máquinas pueden ajustar la profundidad y la distancia entre las semillas de manera precisa.

2.6.5 Manejo de la fertilización en el cultivo de maíz

El maíz es una planta exigente y muy sensible a las variaciones de fertilidad del suelo, por ende, responde bien a las aplicaciones de compuestos orgánicos, fertilizantes químicos y se debe aplicar en base a un análisis de suelo. El manejo eficiente de la nutrición en el cultivo de maíz es fundamental para alcanzar rendimientos elevados, sostenidos en el tiempo, y con resultados económicos positivos (Ortigoza et al., 2019).

La fertilidad original en el terreno determina las dosis de nutrientes para aplicar al cultivo de maíz. Lo primero es un análisis de suelo para determinar el contenido de los principales nutrientes del terreno, los cuales son: nitrógeno, fósforo, potasio y azufre.

En comparación con otros cultivos el maíz es exigente en nutrimentos, especialmente nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg) y azufre (S). En la mayoría de los suelos cultivados con maíz en Panamá, no es necesario la aplicación de los elementos menores como cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B), hierro (Fe), manganeso (Mn) y molibdeno (Mo), ya sea porque los mismos contienen lo suficiente o porque la demanda de estos elementos es mínima (Gordón, 2021).

Como un producto del proceso de investigación, se han establecido los niveles críticos de cada uno de los elementos del suelo por lo que se ubicaron en tres grandes grupos, según la respuesta de los cultivos a la fertilización (Name y Cordero, 1987). (Figura 5.)

Figura 5. Niveles críticos para fósforo, potasio, calcio y magnesio

Elemento	Niveles Críticos		
	Bajo	Medio	Alto
P	0 - 13.0	13.10 - 54.00	> 54.0
K	0 - 0.11	0.12 - 0.38	> 0.38
Ca	0 - 2.00	2.1 - 5.00	> 5.00
Mg	0 - 0.60	0.7 - 1.80	> 1.80

Fuente: Name y Cordero, 1987.

a) ¿Cómo abonar?

Enterrando el abono en hoyo al lado de la semilla (nunca junto con la semilla). Ya que, si no se entierra el abono, los nutrientes no les llegan a las raíces de la planta.

b) ¿Cuándo abonar?

A la siembra o a más tardar 8 días después de la siembra con abono completo (12-24-12, o 15-30-8).

c) ¿Cuándo aplicar la urea?

Lo mejor es hacer dos aplicaciones de Urea la primera aplicación: de 17 a 21 días después de la siembra y la segunda aplicación: de 35 a 40 días después de la siembra. Recomendable aplicar 5 quintales de urea (21 - 35 d.d.s.), en dos aplicaciones; es decir, fraccionado. Es importante enfatizar que se debe siempre

aplicar urea cuando el suelo tenga buena humedad y hacer un control de malezas antes de aplicar la urea.

2.7.5.1 Control de malezas

Uno de los factores que influye en los bajos rendimientos del maíz es la presencia de malezas; estas afectan el cultivo de varias maneras. disputan con el maíz a lo largo de su crecimiento, sobre todo durante los primeros 30 días; también, reducen el suministro de agua, nutrientes y luz solar. Esta competencia es vital, sobre todo en las primeras cinco semanas, lo que conlleva a una disminución en los rendimientos. Para el control de malezas resulta indispensable la utilización de métodos como los siguientes:

- **Control biológico:** permite usar agentes biológicos (bacterias, hongos, virus, insectos, etc.) selectivos que destruyan las malezas, pero que no dañen el cultivo, es todavía un reto para la biotecnología (Bonilla, 2009).
- **Control cultural:** los cuidados culturales son prácticas que implican el uso de herramientas capaces de remover la superficie del suelo a poca profundidad. Esto tiene como objetivo destruir las malas hierbas jóvenes y acelerar el crecimiento de las plantas cultivadas. La primera de dichas prácticas consiste en la adecuada preparación del suelo para la cama de siembra.
- **Control mecánico:** lo utilizan pequeños agricultores y los de escasos recursos. Este control de malezas consiste en el uso del arado y rastra resulta efectivo cuando se hace a fines de la época lluviosa y/o se repite durante la época seca con una frecuencia de cada 10 a 15 días. También está la alternativa de las escardas o destrucción física de las malezas con el uso del cultivador mecánico que se adapta al tractor (Gordón, 2021).
- **Control químico:** es una práctica frecuente y efectiva en el manejo de malezas. El uso de atrazinas ha sido el más común en aplicaciones de pre o post-emergencia temprana al cultivo y las malezas ya que, para casi todo el complejo de malezas del maíz existe un manejo conocido. (Gordón, 2012). Por ende, las malezas son un problema en todas las áreas

productoras de maíz, y su control, normalmente, se realiza con herbicidas al nivel de medianos y grandes productores. Existe una serie de herbicidas que aplicados solos o en mezclas han mantenido controles adecuados de las malezas que compiten con el maíz y forman parte de las practicas utilizadas por el productor (Figura 6.).

Figura 6. Ingredientes activos recomendados para el control de malezas en el cultivo de maíz

Nombre Común	Nombres Comerciales	Dosis g i.a./ha	Formulación	Forma de aplicación
atrazina	Gesaprim, Atrazid, Atrazina, Atraflex, Atralaq, Atranex, Crisazina, Limpia maíz, Panazina, Rayo, Rimac, Atrazina, Sanazina	1,000 a 2,500	Líquida: SC Sólida: WG, WP	Aplicar antes de que germine la maleza (pre-emergente). También se puede aplicar cuando el cultivo tenga 3 a 4 hojas; las malezas de hoja ancha no más de 3 a 5 hojas y las gramíneas no más de 1 a 2 hojas Tipo de malezas: Hojas anchas, algunas hojas angostas
pendimentalina	Prowl 500, Prowl Agua, Crezendo, Garra, Herlam, Pendico, Pendimentalina, Pentagon	1,000 a 1,500	Líquida: EC, CS	Aplicar en pre-emergencia total al cultivo y a las malezas. Puede aplicarse en preemergencia o en post emergencia temprana, tanto al cultivo como a las malezas. La formulación Prowl Agua no se debe aplicar en el maíz que ha emergido
nicosulfuron	Accent 75 WP, Nikosam, Campo Nico, HelmNicofur, Nicosforte, Nicosulfuron, Primero, Sharda Nicosh,	40 a 52.5	Líquida: SC, OD Sólida: WG	Post emergencia cuando la maleza se encuentre entre 2 a 5 hojas o tenga 10 cm de altura. Es importante que el maíz esté entre V4 a V6 (4 a 6 hojas verdaderas)
halosulfuron	Sempra, Permit, Panium, Flagship, Halofor, Sultronic	37.5 a 75	Líquida: SC Sólida: WG	Aplicación total en post-emergencia al cultivo y a la maleza (<i>C. rotundus</i>). Aplicación en crecimiento activo, durante la etapa de 3 a 4 hojas verdaderas y una altura de 10 a 15 cm
bentazon	Basagran 48 SL, Bentagransolo, Bentarroz, Bentax, Bentazona, Bentover, Block, Boiler, DKZona, Spartazone,	960	Líquida: SL Sólida: SP	Post-emergente a la maleza, cuando esta tenga de 2 a 4 hojas verdaderas o altura de la maleza 5-7cm Controla las malezas de hoja ancha y maleza de propagación por rizomas (<i>C. rotundus</i>). Aplicar a partir que el maíz esté en la etapa V2 a V3
Topramezone	Convey 33.6 SC	33.6 a 50.4	Líquida: SC	Controla malezas de hoja ancha y angosta. Es absorbido por hojas, raíces y tallos y traslocado sistémicamente en la planta. Aplicar en post-emergencia cuando la maleza tenga de 1 a 8 hojas verdaderas (hojas anchas) y de 1 a 3 hojas verdaderas (hoja angosta). Aplicar cuando el maíz está entre V2 a V4.
glifosato	Round-up, Rival, Glifosato, Pilarsato, Fersato, Pilaround, Rimaxato, Tornado	1,000 a 1,500	Líquida: SL Sólida: SG, WG	Pre emergencia total al cultivo, post emergencia total a la maleza. Controla malezas de hoja ancha y angosta
2,4-D amina	2,4-D, Dicipur, Marman, Fullmina, Galloper	500 a 960	Líquida: SL	Aplicar en post-emergencia cuando el maíz tenga de 15-25 cm de altura (maíz en V2 a V8), se debe evitar aplicar sobre las plantas de maíz cuando este tenga más de 25 cm de altura. Controla malezas de hoja ancha y <i>C. rotundus</i>
saflufenacil	Heat, Saflufenacil	21 a 40	Sólida: WG	Realizar una aplicación en post-emergencia sobre la maleza emergida de una altura no mayor a 20 cm. La aplicación deberá ser entre los surcos y dirigida a la maleza
picloram	Browser, Freno, Navajo, Refuerzo, Picloram, Weedfire	24 a 30	Líquida: SL	Selectivo de malezas de hoja ancha, El control es más efectivo en malezas en crecimiento activo. Se puede aplicar cuando el maíz está entre V2 a V8.

SC = Solución concentrada; EC= Concentrado emulsificable; CS = Cápsulas en suspensión; OD = Suspensión en aceite; SL = Concentrado soluble; WG = Gránulos dispersable; WP = Polvo mojable; SG = Gránulos solubles; SP = Polvo Soluble.

Fuente: Gordón, 2021.

2.7.5.2 Control de plagas

El manejo integrado de plagas es el trabajo agrícola que utiliza técnicas y métodos apropiados para el control de plagas, manteniendo las plagas en niveles inferiores a los que causan daño económico, trabajando junto con la naturaleza y no contra ella (Ortigoza et al., 2019).

El manejo integrado de plagas es fácil de aplicar en el cultivo de maíz, donde podemos poner en práctica diferentes tipos de control, como:

- **Control biológico:** permite usar enemigos naturales de las plagas, atacándolas o devorándolas o sea matándolas.
- **Control químico:** se refiere al uso de plaguicidas. Aunque, por su toxicidad, la decisión de aplicación debe partir de recuentos de plagas previamente realizados que nos indiquen si existe una población de plaga que dañe el rendimiento del cultivo en una proporción seria o grave.

2.7.5.3 Control de enfermedades

La incidencia y severidad de las enfermedades en el maíz está relacionada con las condiciones climáticas que rodean al cultivo y al manejo que se le dé al mismo. La lluvia, temperatura y humedad relativa que ayudan al cultivo, también favorecen el desarrollo de hongos y bacterias. (Barandiarán,2020) afirma que el manejo que se le da al cultivo lo condiciona para que resista o no al ataque de las diversas enfermedades cuya importancia y grado de impacto en el rendimiento de grano, varía según la región en que se cultiva. Al igual que con los insectos, todas las partes de la planta son susceptibles a un gran número de enfermedades que reducen la calidad y cantidad del rendimiento.

2.7 El Ensilaje como alternativa de conservación para la alimentación animal

2.7.1 Definición

El ensilaje según Reyes et al. (2013), se define como el proceso de conservación del forraje; es decir, una técnica de conservación mediante fermentación anaeróbica (en ausencia de aire en donde actúan bacterias de ácido láctico sobre los azúcares de este, que cuando está bien implementada permite mantener y conservar la calidad nutritiva del forraje verde durante mucho tiempo con un contenido de humedad de 50 %.

El punto fundamental es evitar el contacto del forraje ensilado con el aire, lo cual se logra mediante una buena compactación y almacenamiento en un ambiente totalmente hermético, lo cual puede lograrse por el acondicionamiento de alguna estructura sellada y/o mediante su cubrimiento con plástico (Reyes et al., 2013).

2.7.2 Proceso de fermentación

De acuerdo con Reyes et al. (2013), la fermentación es un proceso bioquímico realizado por bacterias, hongos y levaduras utilizando un sustrato orgánico (azúcares solubles) que cumplen el rol de alimento para los microorganismos. La fermentación deseada en un ensilaje debe ser anaeróbica. Existen otras formas de fermentación no deseables en el proceso de ensilaje que son aeróbicas, como el proceso de putrefacción que se emplea en la elaboración de abono orgánico. La calidad de los productos de la fermentación, sean anaeróbicos como el ensilado o aeróbico (Abono Orgánico u otros), depende del tipo de sustrato o material que se desea fermentar y de la especialidad biológica y química de los microorganismos presentes en el proceso.

2.7.3 Ventajas del proceso de ensilado

- Permite utilizar los excedentes de forraje que se producen en la época lluviosa, conservándolos con buena calidad para ser utilizados en los períodos de escasez de alimentos.

- Aumenta la capacidad de la finca para sostener un mayor número de animales.
- Método más práctico y económico para conservar el valor nutritivo del forraje verde en épocas críticas.
- El alimento se puede conservar por mucho tiempo, con muy poca pérdida, siempre y cuando el proceso se realice en condiciones óptimas.
- Se reduce la presión sobre las pasturas, permitiendo el descanso y recuperación de potreros en los períodos de menor precipitación, o cuando inicia el período de lluvias, ayudando de esta manera a evitar el sobrepastoreo y la eventual degradación de las pasturas.

2.7.4 Desventajas del proceso de ensilado

- Requiere de mano de obra para el corte, acarreo, picado y almacenamiento de un volumen relativamente alto de material verde.
- Se requiere inversión en una picadora y en mecanización al trabajar con volúmenes grandes. Si el procedimiento no se lleva a cabo adecuadamente, existe la posibilidad de perder parte o la totalidad del forraje que se ha ensilado.
- Los ensilajes hechos sólo con pastos (gramíneas) normalmente presentan un contenido de proteína bajo.
- Si se preparan ensilajes con pastos de mala calidad, esto puede más bien derivar en mayores gastos y pérdidas.

2.8 Fases de la fermentación

Una vez el forraje fresco es cosechado, hasta que el silo se utiliza para alimentar el ganado, se presentan cuatro fases que alteran la composición química y microbiana del material ensilado, y es esencial comprenderlas para gestionar adecuadamente el proceso de ensilaje (Reyes et al., 2013).

A pesar de no existir una división clara entre las fases sucesivas, en cada una de ellas se desarrollan diversos procesos químicos y microbianos, con distinta

intensidad y duración, que influirán en el éxito y la calidad del ensilaje. A continuación, se detalla las diferentes fases:

2.8.1 Etapa 1. Fase aeróbica

La fase aeróbica se inicia al cortar el forraje, continúa durante el llenado del silo e incluso puede extenderse un tiempo después de cerrarlo.

Una vez recolectado el forraje, si hay oxígeno presente, las células siguen respirando y generando dióxido de carbono y agua, utilizando los carbohidratos como fuente de energía. Por otro lado, la respiración también puede provocar la descomposición de proteínas en el forraje. Esto puede ser un proceso no deseable ya que no solo disminuye la disponibilidad de proteína en el forraje ensilado, sino que también resulta en la pérdida de nitrógeno al liberarse como amonio. Adicional, este componente inhibe la producción de ácido láctico, conocido como el "ácido bueno", esencial para preservar el material ensilado.

Debemos comprender que la respiración no se detendrá mientras haya oxígeno en el silo. Por ende, la fase aeróbica debe ser lo más breve posible, con el fin de inhibir la actividad de las bacterias aeróbicas y comenzar la fermentación. Si el silo se cierra de manera hermética y el forraje está bien compactado, el oxígeno restante se consumirá rápidamente (en pocas horas) y así se asegura un ensilaje de calidad. En esta etapa cabe resaltar que la temperatura se encuentra en 20°C y se maneja un pH de 6.

2.8.2 Etapa 2. Fase de fermentación láctica

La etapa de fermentación efectiva inicia cuando el oxígeno en el silo se agota, lo que permite que prevalezca la microflora anaeróbica: bacterias, levaduras y mohos que prosperan en ambientes sin oxígeno. En esta fase, las bacterias generan ácidos orgánicos, como el ácido láctico, a partir de los azúcares y almidones (carbohidratos fermentables) presentes en el forraje ensilado. Esto también puede ocurrir cuando se añaden aditivos como la melaza o los granos molidos entre otros.

Las bacterias que prosperan en el silo también pueden generar ácido acético, aunque en menor medida. La producción de ácidos orgánicos es vital para la conservación del forraje ensilado. Esto conduce a la acidificación (disminución del pH) del material ensilado. Esta acidificación inicialmente permite que las bacterias beneficiosas superen a los microorganismos anaerobios no deseados, como las enterobacterias, levaduras, bacilos y clostridios, que compiten por los carbohidratos solubles presentes en el material ensilado. Estos microorganismos podrían causar formas de fermentación no deseadas, como la pudrición. En líneas generales, las bacterias que producen ácido láctico suelen ser más resistentes a la acidez, lo que les permite soportar niveles de pH más bajos en comparación con los macroorganismos anaerobios no deseados.

Sin embargo, llega un momento en que la acidez es tan elevada que impide el crecimiento de las bacterias lácticas. En este punto, se inicia la fase siguiente, que es la estabilización del forraje ensilado. Cabe destacar que, durante el proceso de fermentación, además de los ácidos orgánicos, se generan gases y efluentes (sustancias líquidas). Por ello, en ciertos tipos de silos se incorpora un sistema de drenaje para desechar estos residuos líquidos.

Afirma (Reyes et al., 2013) que, aunque la intensidad y magnitud de la fermentación dependen de diversos factores, el período activo de fermentación durará entre siete y 21 días; los forrajes con menos del 65% de humedad fermentarán más rápido, en un lapso de siete a 14 días. Lo que se busca es que, en esta fase, se genere una acidificación rápida y una concentración suficientemente alta de ácido láctico para que el nivel de acidez en el silo aumente rápidamente hasta alcanzar la estabilidad. Cuando toda la actividad microbiana cesa, la fermentación y descomposición del forraje se detienen. Esto es precisamente lo que se pretende lograr para conservar el ensilaje, y así se evita una mayor pérdida de los nutrientes presentes.

2.8.3 Etapa 3. Fase estable

Mientras se mantenga el ambiente sin aire, ocurren pocos cambios. En esta fase la mayoría de los microorganismos reducen lentamente su presencia y

algunos se mantienen inactivos. Como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas. Sólo algunas proteasas y carbohidrasas, y microorganismos especializados, como *Lactobacillus buchneri* que toleran ambientes ácidos, continúan activos, pero a menor ritmo. La fase de estabilización se inicia cuando, por acción de los “ácidos buenos”, desciende el pH del ensilaje a valores por debajo de 4.2. Bajo esas condiciones de acidez, cesa toda actividad enzimática y se inhibe el crecimiento de todos los microorganismos, aunque algunos pueden sobrevivir formando esporas. En estas circunstancias, el ácido láctico se convierte en el verdadero agente de conservación del material ensilado, pues se detiene el proceso de fermentación, ya no se producen cambios en el forraje ensilado y el material puede guardarse al menos hasta por 6 a 12 meses, e incluso puede utilizarse al año siguiente.

2.8.4 Etapa 4. Fase de deterioro aeróbico

Esta etapa inicia con la exposición del ensilaje al aire, por medio de la apertura del silo. Esto es inevitable al comenzar a utilizar el ensilaje para la alimentación del ganado. No obstante, también puede producirse si, por accidente o por la acción de animales por ejemplo (roedores, pájaros, o incluso el ganado) cortes en la cobertura del silo se producen cuando se expone a animales.

El deterioro se puede dividir en dos etapas, la primera inicia cuando en presencia de oxígeno se inicia la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje, por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético. A su vez, esto induce a un aumento del valor del pH, lo que permite el crecimiento de bacilos, pero también de otros microorganismos que crecen bien en presencia de oxígeno entre esos mohos, enterobacterias, los cuales provocan la segunda etapa un aumento de la temperatura y la producción de dióxido de carbono, procesos que dañan el ensilaje.

El forraje conservado en silos, que se ve afectado por este proceso de deterioro, se clasifica como "aeróbicamente inestable". Como consecuencia, se generan pérdidas rápidas de la materia seca y del valor nutritivo, lo que finaliza con la putrefacción del material (Reyes et al., 2013).

2.8.5 Etapa 5. Fase de deterioro indefinido

Esta etapa refleja los cambios ocurridos durante las cuatro primeras fases. Si se produce una cantidad adecuada de ácido láctico y acético para evitar la actividad bacteriana posterior, la etapa cinco representa únicamente un período en el cual el ensilaje se mantiene estable. Según (Hiriart, 1998) las bacterias atacan de forma significativa los aminoácidos y proteínas presentes en el ensilado, lo cual provoca la generación de amoníaco (NH₃) y ácidos grasos volátiles (AGV). Este procedimiento presenta la desventaja adicional de promover el mantenimiento o aumento del pH, lo cual propicia la continuación de las fermentaciones hasta que se consuman por completo todos los productos energéticos utilizables.

2.9 Efectos temperatura

La temperatura puede tener efectos tanto positivos como negativos en el ensilaje, ya que es un factor que influye en la fermentación y conservación del forraje. El calentamiento surge de manera natural como parte del proceso de fermentación que tiene lugar durante el ensilado. No obstante, en ocasiones este procedimiento puede volverse inestable, provocando un aumento considerable de la temperatura. Cuando tiene lugar esta situación, existe la posibilidad de perder materia seca (MS) importante. A continuación, una breve descripción de los efectos sobre el ensilaje con relación a la temperatura.

- ✓ **Ensilaje frío:** de 20 a 30 °C
 - Color pardo-verdoso
 - Olor alcohólico fuerte o a chicha.
 - Sabor insípido.
 - Tejido viscoso y pegajoso.
 - pH es igual o mayor a 5
- ✓ **Ensilaje caliente:** de 30 a 38 °C
 - Color verde-amarillento.
 - Olor agradable a vinagre.
 - Tejidos duros.
 - pH es igual o menor a 4.5

- ✓ **Ensilaje sobrecalentado:** de 40 a 55 °C Color es café o negro.
Olor ligeramente quemado, a veces podrido o amoniacal.
Sabor es variable.
Tejido ligeramente suaves y secos. pH generalmente de 4.5 a 5.

2.10 Efecto del pH

El pH del ensilaje es un indicador de su acidez, compactación y capacidad de almacenamiento (Tabla 8). El pH ideal de un ensilaje se encuentra entre 3,8 y 4,2. Un pH demasiado bajo puede reducir el consumo, mientras que un pH alto puede indicar una fermentación deficiente.

Tabla 8. Efecto del pH (Compactación y acidez del ensilado)

Grado de Compactación			
Acidez	Bajo	Mediano	Alto
	6.5 – 6.0	6.0 – 5.5	5.5 – 4.0
Ácidos	Butírico	Acético	Láctico
	Pútrico	Butírico	Acético

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

2.10.1 Relación entre el pH y la calidad del ensilado

El pH es un indicador importante de la calidad del ensilado, ya que se relaciona con la estabilidad aeróbica y la acidificación del forraje. En la Tabla 9, se observa la relación directa del pH con la calidad deseada del ensilaje.

Tabla 9. Relación entre el pH y la calidad del ensilaje

pH	Apreciación de la calidad
3.5 – 4.1	Muy buena
4.2 – 4.5	Buena
4.5 – 5.0	Media
5.1 – 5.6	Mala
5.6 – 6 mayor	Muy mala

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

2.11 Aspectos que indican la calidad del ensilaje

Por su parte, la calidad de un ensilaje de maíz viene determinada por la eficacia del proceso de elaboración y la composición nutricional de las plantas. En el proceso, los factores más importantes son el sistema de cosecha, tamaño de picado, uso de aditivos, compactación y sellado. Sin embargo, los parámetros a considerar sobre la calidad del ensilaje son el olor, color, textura y grado de humedad. (Demagnet y Canales, 2020).

Es por lo que la calidad del ensilaje es fundamental para garantizar una alimentación apropiada del ganado y maximizar su producción. Un ensilaje de buena calidad contribuye significativamente a la salud animal y a la producción, mientras que uno de mala calidad puede deteriorar la salud del ganado y comprometer la productividad. Algunos aspectos clave que indican la calidad del ensilaje son:

2.11.1 Ensilaje de excelente calidad

Características:

- **Color verde oliva:** Este color se presenta en ensilajes que han sido obtenidos con una adecuada respiración de los trozos verdes de las plantas utilizadas, e implica que la temperatura máxima no excedió los 30 grados centígrados. Este color se halla también en ensilajes elaborados con plantas tiernas. Su fragancia es típicamente agradable, suave o claramente alcohólica. Comúnmente se trata de ensilajes de buena a excelente calidad sin moho ni mal olor (De Gracia, 2008).
- **Materia seca:** altos niveles de (entre 30-40%).
- Buen contenido de nutrientes (proteínas, carbohidratos, fibra).
- Fermentación adecuada con predominancia de ácidos lácticos.
- **Textura:** homogénea y buena compactación, además, el forraje conserva todos sus contornos definidos, se aprecian sus vellosidades si las tenía el forraje original, las hojas permanecen unidas a los tallos.
- **Olor:** Agradable, de fruta madura.

- **Humedad:** No humedece las manos al ser comprimido dentro del puño; con una presión normal se mantiene suelto el ensilaje.

2.11.2 Ensilaje de buena calidad

Características:

Autores como (Barnett,1957) menciona que el ensilado de buena calidad es aquél que presenta un pH menor de 4,5, bajo contenido de N-NH₃, cantidades reducidas, o preferentemente ausencia de ácido butírico y entre 3 a 13 por ciento de ácido láctico en base a la MS.

- **Color amarillento:** se observa una transición de color verde hasta el amarillo o incluso marrón claro en toda la superficie del silo, esto puede indicar un aumento de la temperatura, alcanzando los 40°C.
- Sin ser definitivamente malos, son indicativos de una pérdida de su valor nutritivo, por lo que pueden clasificarse como de una tonalidad intermedia o regular.
- **Materia seca:** moderada (25-30%).
- Contenido aceptable de nutrientes, aunque algunas pérdidas pueden haber ocurrido.
- Fermentación adecuada, pero puede tener un ligero olor más ácido el mismo no suele ser acentuado, sino que tiende a ser un olor desagradable a causa de una proporción elevada de ácido butírico muy similar al olor del vinagre (De Gracia, 2008).
- **Textura:** Las hojas permanecen unidas a los tallos y no deja residuos en las manos al ser tocado
- **Humedad:** No humedece las manos al ser comprimido dentro del puño.

2.11.3 Ensilaje de calidad regular

Características:

- **Materia seca:** por debajo del promedio (20-25%).

- Pérdidas de nutrientes evidentes, con un contenido de fibra y energía más bajo.
- Fermentación inadecuada con posible olor acre o fermentaciones secundarias.
- **Color marrón o verde oscuro:** puede haber presencia de moho producto de una elevada temperatura, además la producción de tallos leñosos, picados inadecuadamente y una compactación deficiente da como resultado haber cosechado el material vegetal en un estado de sobre maduración.
- Puede ser utilizado en situaciones de escasez, pero no es ideal para animales en alto rendimiento.
- **Olor:** Ácido, con fuerte olor a vinagre característico al ácido butírico.
- **Humedad:** Al ser apretado con fuerza en la mano, gotearán líquidos, con la tendencia a compactarse y formar una masa.

Los ensilados de mala calidad se estima que son aquellos que presentan pH > de 5.2 y de 3 a 9 % de N-NH₃, 1 a 9 % de ácido butírico y entre 0.1 a 2 % de ácido láctico afirma (Barnett 1957).

2.11.4 Ensilaje de Mala Calidad

Características:

- **Materia seca:** Baja (menos del 20%).
- Altas pérdidas de nutrientes, muy poca energía disponible.
- Fermentación deficiente, olores desagradables y presencia de moho.
- Rara vez recomendado; su uso debe ser evitado o solo en casos de emergencia y con animales en condiciones de bajo requerimiento nutricional.
- **Color marrón oscuro o negro:** Apariencia deteriorada, este tono resalta en ensilajes preparados en condiciones técnicas muy deficientes. La mayor parte de las veces se trata de forraje sin picar o cosechado con una maduración excesiva.

- Como forraje, carece de valor y no debe ser consumido por los animales.
- **Olor:** Desagradable, con un aroma putrefacto a humedad.
- **Textura:** En las hojas y tallos no se percibe diferencia, ya que conforman una masa amorfa y jabonosa al tacto. Deja las manos un aroma a manteca rancia que perdura durante horas.
- **Humedad:** Destila líquido efluente, se compacta con facilidad y adopta la forma deseada.

2.12 Valor nutritivo del ensilaje de maíz

El ensilaje de maíz como señalan (Herrera y Guerrero, 2012) es uno de los recursos forrajeros más apropiados para la alimentación del ganado durante la época seca. Destaca por su alto rendimiento de nutrientes por hectárea y tiene la ventaja de que la siembra y cosecha se realizan de forma mecanizada, lo que permite manejar grandes volúmenes de forrajes. Esta técnica ofrece opciones de alto potencial para la producción de leche y carne durante la época seca.

Aunado a ello en la composición nutricional de la planta de maíz, inciden la nutrición del cultivo, las características del maíz y el estado fenológico en el momento de la cosecha, el cual sirve como indicador del contenido de materia seca, carbohidratos solubles y, entre otros.

En los análisis bromatológicos se presentan diferentes parámetros que indican el valor nutritivo de cada muestra. En este apartado exponemos los indicadores más relevantes que deben ser considerados al evaluar la calidad nutricional de un ensilaje de maíz.

Como se ha mencionado anteriormente, el ensilaje de maíz es un producto con alto contenido energético, bajo contenido de proteína cruda y minerales. En la (Tabla 10.) se muestra la composición química del ensilaje de maíz. Teniendo en cuenta que el valor nutritivo del ensilaje de maíz depende del contenido de grano presente en él. De esta forma, se consigue incrementar la materia seca hasta un 35%, la proteína cruda de 6 a 9%, y alcanzar una digestibilidad de la materia seca superior al 55%. Conforme a lo mencionado y según (Herrera y

Guerrero, 2012) previamente, se sugiere emplear el ensilaje integral (incluyendo la planta y la mazorca), para lograr un ensilaje de excelente calidad nutricional.

Tabla 10. Contenido nutricional del ensilaje de maíz

Parámetros	Coefficiente
Materia Seca %	30 – 35%
Proteína Cruda (base seca) %	6.5 – 9.5%
Energía metabolizable	2.4 Mcal/kg de MS
Calcio %	0.51%
Fosforo %	0.24%
pH	4,0 - 4,2
Contenido de almidón %	35 - 40%

Fuentes: Herrera y Guerrero, 2012, y Demanet, 2019.






2.13 Tiempo óptimo del material vegetal a cortar para ensilar

El propósito principal de cultivar maíz es producir ensilaje. Al contrario de las praderas y pasturas, que proporcionan su mayor valor nutritivo en estados vegetativos, en el maíz la calidad mejora a medida que madura. El aumento en el contenido de materia seca y madurez del grano conlleva a una reducción relativa de la fibra y un incremento en el contenido de almidón. La consecuencia es un aumento en la digestibilidad y en la energía metabolizable (Demanet y Canales 2020).

El comienzo del periodo de cosecha queda definido por el nivel de materia seca presente en la planta completa. El inicio de la cosecha no debe ser antes de que las plantas presenten, como mínimo, un 30% de materia seca, que corresponde con la presencia de un 50% de línea de leche en el grano afirma (Demanet y Canales 2020). En el maíz, este punto se logra aproximadamente a los 85 y 87 días, momento en el que alcanza un contenido de materia seca del 30 al 35% y el grano se ha endurecido en tres cuartas partes (Figura 7). Por consiguiente, este estado se manifiesta en un corto periodo; por lo tanto, es crucial sembrar híbridos con distintos niveles de madurez para mantener una calidad constante en el tiempo.

Trabajos realizados por la Universidad de Panamá revelan que lo más conveniente es cosechar el maíz o el sorgo cuando sus granos alcanzan una consistencia harinosa dura. Esto se obtiene cuando al presionar con firmeza este material con la mano, no debe gotear líquido ni notarse la mano húmeda. Al cortar el maíz en su estado lechoso, se recomienda realizar un presecado de al menos 4 a 6 horas o dejarlo cortado para el día siguiente.

Figura 7. Estado de madurez del grano, porcentaje de materia seca y momento óptimo para la cosecha del maíz para ensilaje

Madurez del grano		MS Planta entera	Momento de elaborar ensilaje
Lechoso		< 20	x
Semi pastoso		20 - 28	x
Pastoso		29 - 32	√
Maduro		33 - 35	√√
Madurez completa		36 - 45	√

x: No elaborar ensilaje
 √: Inicio elaboración de ensilaje
 √√: Momento óptimo de cosecha
 √: Maíz sobre maduro

Fuente: Demanet y Canales 2020.

El instante de la cosecha influye directamente en el rendimiento y la calidad del forraje almacenado. En ocasiones tempranas, es decir, cuando las plantas tienen un contenido de materia seca inferior al 28%, surgen los siguientes efectos según (Demanet y Canales 2020):

- ✓ Reducción del rendimiento
- ✓ Reducción del contenido de almidón y energía metabolizable

- ✓ Aumento de problemas de fermentación en el ensilaje
- ✓ Aumento de pérdidas por presencia de hongos en la cara expuesta y bordes de ensilaje
- ✓ Incremento de las pérdidas por efluentes en el silo
- ✓ Reducción del consumo de materia seca en los animales
- ✓ Disminución de la palatabilidad generada por el mal olor del ensilaje

En contraparte, en cosechas tardías cuando las plantas tienen un contenido de materia seca superior al 36% el resultado es el siguiente:

- ✓ Cosecha de un material seco de difícil compactación en el silo
- ✓ Se requiere reducir el tamaño de picado para lograr una mejor compactación
- ✓ Incremento de pérdidas de forraje en el campo
- ✓ Reducción de la estabilidad en el ensilaje
- ✓ Baja digestibilidad y palatabilidad del ensilaje

2.14 Consumo de ensilaje de maíz en animales

El consumo de ensilaje es menor en aquellos realizados con mucha humedad (más del 65%). En ensilaje de buena calidad podemos encontrar consumos voluntarios hasta de un 8% del peso vivo del ganado, Abierto el silo se deben sacar camadas homogéneas cada día para evitar su deterioro.

→ **La cantidad de ensilaje suministrado al animal depende:**

1. Tamaño del animal
2. Raza
3. Calidad
4. Aceptabilidad del animal

→ **Consumo diario de ensilaje dependerá de:**

1. 10 % de peso vivo (animal) de ensilaje (30% de M.S).
2. Suministrándole diariamente 2 kilos, aumentando paulatinamente hasta alcanzar el consumo recomendado por 15 días.
3. Luego se le da el total.

4. 70% forraje – 30% concentrado

→ **¿Cuánto ensilaje puede comer un bovino?**

Si el ensilaje es de excelente calidad, una vaca con un peso de 400 kg puede consumir alrededor de 25 kg de ensilaje diariamente, siempre y cuando sea su única fuente de forraje. Sin embargo, durante momentos críticos, los animales pueden alimentarse de otros forrajes, por lo tanto, es recomendable disminuir la cantidad de ensilaje consumida. Por ejemplo, si las vacas de 400 kg de peso tienen acceso a los potreros, el consumo de ensilaje puede rondar los 15 kg al día. En caso de que el ensilaje no haya salido bien, es posible que el animal lo consuma en cantidades reducidas o, en situaciones graves, que opte por no ingerirlo en absoluto (Reyes et al., 2013).

Es necesario recordar que, al iniciar la oferta de ensilaje, este alimento resulta ser una novedad para los animales. Por tanto, requerirá tiempo para que se adapten a su consumo. Debido a esto, en los primeros días, es probable que el consumo no sea muy elevado y posiblemente alcance su punto máximo entre 7 y 10 días después de comenzar a ingerir ensilaje.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio (Localización).

El ensayo experimental se realizó en los terrenos del Hogar Bolívar de ancianos, ubicado en el corregimiento de Río Abajo, Ciudad de Panamá. La ubicación geográfica corresponde a los 9°01'10"N Latitud Norte y 79°30'05"O Longitud Oeste. La parcela a utilizar conto con un suelo con textura arcillosa, con un porcentaje de arena de 31%, 10% de limo y 43% de arcilla, con un porcentaje de materia orgánica de 1,02% que se considera baja, con un pH medido en agua de 6,95 poco ácido y cuyos niveles de minerales son los siguientes: alto en P, medio en K, bajo en Na, alto en Fe, Cu, Mn, Zn, Ca y Mg, y bajo en aluminio. A continuación, en la (Tabla 11.) se muestra el análisis de suelo que se realizó al área de estudio.

Tabla 11. Análisis de suelo del terreno Hogar Bolívar

Análisis		Resultados del Análisis	Interpretación del Análisis
Textura	Arena-Limo-Arcilla%	31-10-43	Acilla
pH	En agua (1:2.5)	6.95	Poco Ácido
Fósforo	ppm	486	Alto
Potasio	ppm	97	Medio
Sodio	ppm	37	Bajo
Calcio	MEQ/100G	38	Alto
Magnesio	MEQ/100G	8.78	Alto
Acidez	MEQ/100G	0.1	Bajo
Aluminio	MEQ/100G	0	Bajo
Materia Orgánica	%	1.02	Bajo
Hierro	ppm	366	Alto
Cobre	ppm	11	Alto
Manganeso	ppm	165	Alto
Zinc	ppm	523	Alto

Fuente: Laboratorio de suelos y afines de la FCA, 2022.

En esta región las lluvias se producen por lo general después del mediodía, provocadas por los flujos predominantes procedentes del Caribe o del Pacífico. Son lluvias entre moderadas y fuertes, acompañadas de actividad eléctrica y vientos fuertes.

3.2 Ubicación de las parcelas, establecimiento del Diseño experimental y tratamientos

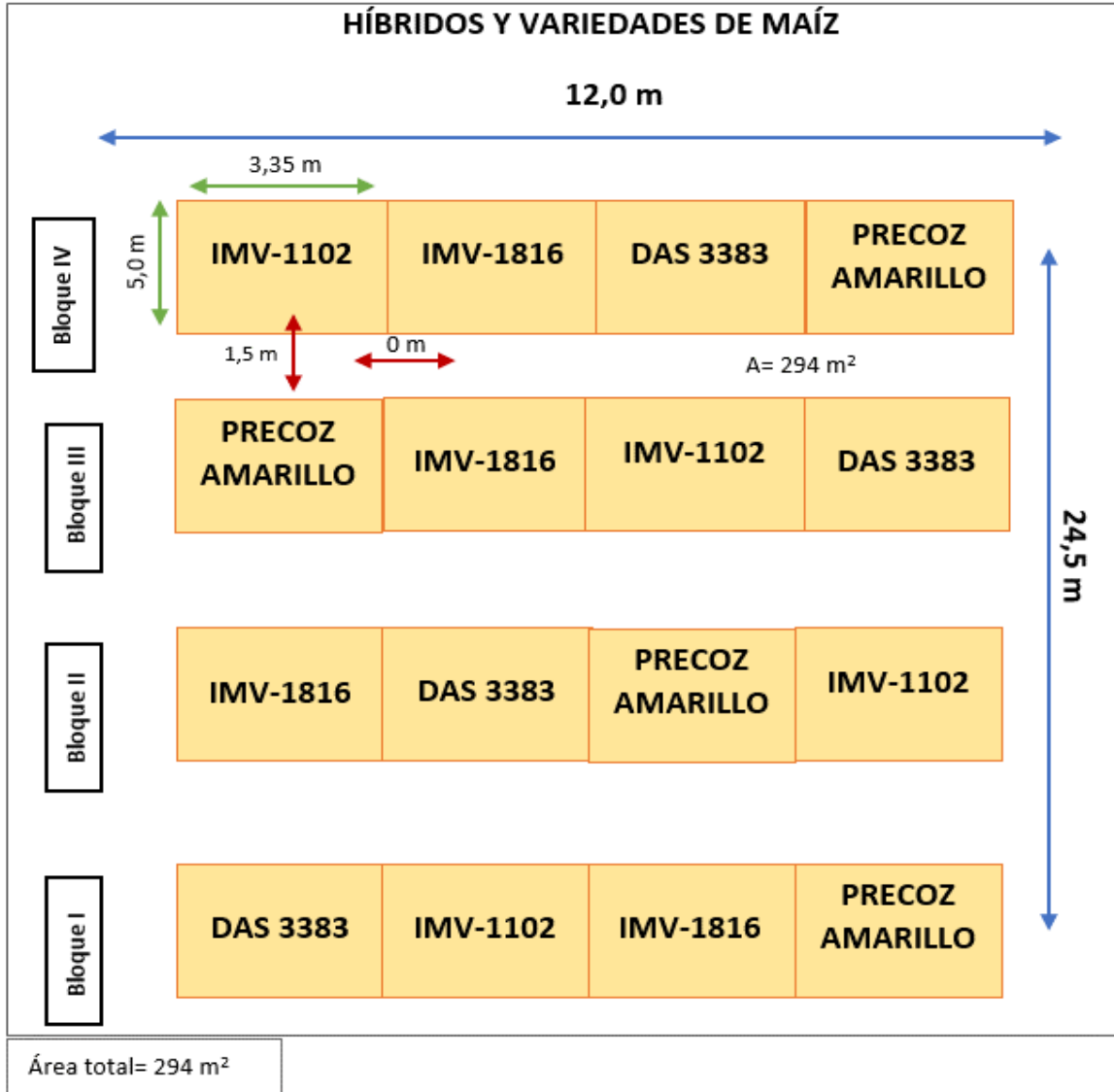
El estudio se realizó a través de la implementación de un experimento en campo, con un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Se obtuvo un área de estudio de 12,0 metros de ancho por 24,5 metros de largo correspondiendo a un área de total de 294 m² (Figura 8). Los bloques al azar presentaban distanciamiento de 1,5 metros entre ellos, cada parcela contaba con 3,35 metros de ancho por 5,0 metros de largo, con 0 metros de distancia entre parcela. Las parcelas experimentales fueron 16 consistieron en cuatro surcos cada parcela. Los tratamientos utilizados fueron un 1 híbrido simple, 1 variedad de polinización libre y 2 variedades sintéticas (Tabla 12.), provenientes de casa comercial y del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), respectivamente.

Tabla 12. Tabla Nombre, color del grano, tipo de cultivar y origen de maíz a evaluar

Nombre del cultivar	Color del grano	Tipo de cultivar	Procedencia
DAS – 3383	Amarillo	Hibrido Simple	DOW
Precoz	Amarillo	Variedad polinización libre	IDIAP
Idiap -MV-1102	Amarillo	Variedad Sintética	IDIAP
Idiap -MV-1816	Amarillo	Variedad Sintética	IDIAP

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Figura 8. Esquema del terreno y distribución de los tratamientos



Tamaño de cada parcela:	
16,75 m²	
Largo	5,0 m
Ancho	3,35 m (prom)

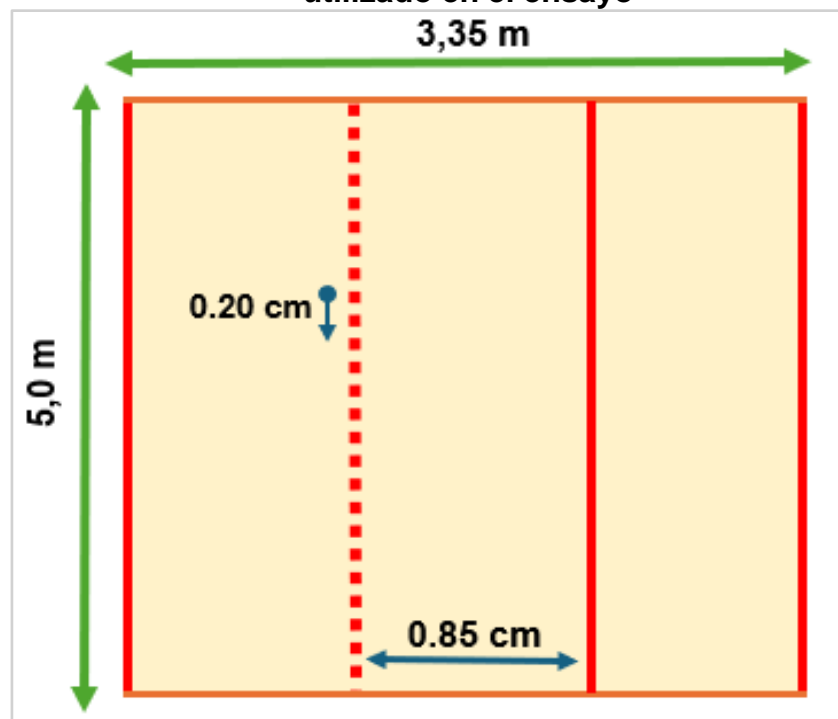
Área Total: 294 m²	
Largo del bloque	24,5 m
Ancho del bloque	12,0 m

Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.3 Preparación del suelo y sistema de siembra

Para preparar el terreno se efectuó un pase de semi-roma seguido de dos pases de rastra liviana al terreno para que quedara suelto y obtuviera la capacidad de captación de agua sin encharcamientos. El maíz se sembró entre el 01 al 05 de junio de 2022. Las unidades experimentales consistieron en 16 parcelas con una distancia de 5.00 m de largo y 3.35 m de ancho y cuatro surcos por parcela, con una separación de 0.85 cm entre hileras (Figura 9). Se sembró una planta cada 0.20 cm colocando tres semillas por golpe para las variedades IMV-1102, IMV-1816, DAS 3383, y para la variedad Precoz amarillo se utilizó cinco semillas por golpe para luego ralea las plantas entre los 10 a 12 días después de la siembra (dds) para garantizar una población homogénea entre todas las unidades experimentales. El arreglo espacial a la siembra fue a 0.20 cm entre plantas y 0.85 cm entre hileras. La densidad de siembra fue de 58,823 plantas/ha.

Figura 9. Bosquejo de cómo se realizó la siembra según el método utilizado en el ensayo



Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.3.1 Fertilización y control de malezas

Se fertilizo la parcela con abono (12-24-12) al momento de la siembra y consistió en la aplicación de 272 kg/ha (4 qq/ha) de abono completo. Para una parcela de 16 m² se utilizó 272.4 gramos aproximadamente.

Adicionalmente, se suplemento con urea colocándola de forma fraccionada en partes iguales a los 21 y 35 días dds a razón de 136.4 kg/ha para la primera aplicación y la segunda a razón de 181.8 kg/ha en total fueron (3.5 qq/ha).

El control de malezas consistió en la aplicación de herbicidas a base de atrazina más pendimentalina a razón de 1.50 kg i.a.lha de cada uno, respectivamente.

3.4 Variables por evaluar

Se realizaron las siguientes mediciones a cada cultivo de maíz:

1. Variables agronómicas

- ✓ Altura de planta (cm)

2. Variables de rendimiento

- ✓ Rendimiento de hoja (kg/ha)
- ✓ Rendimiento de tallo (kg/ha)
- ✓ Rendimiento de biomasa (hoja-tallo) (kg/ha)
- ✓ Materia Seca – Forraje total (hoja-tallo) (%)

3. Variables calidad nutritiva

- ✓ Proteína (%)
- ✓ Ceniza (%)
- ✓ Fibra cruda (%)

3.5 Descripción del procedimiento para las variables a medir en campo

A continuación, se describirá cada una de las actividades realizadas para determinar las mediciones de las variables agronómicas y de rendimiento mencionadas anteriormente.

Variables agronómicas

- ✓ Altura de planta (cm): Se tomo la altura de la planta y las mazorcas al momento de la floración mediante el uso de una vara de medir alturas. Esta variable fue tomada con plantas al azar, se realizó la medida desde la base de la planta hasta la punta de la hoja más alta midiendo hasta donde se encontraba el ápice. Esta medición se tomó cuando se cosecho los cultivos de maíz a los 48 días.

Variables de rendimiento

- ✓ Rendimiento de hoja, tallo (kg/ha) y biomasa (kg/ha): para este grupo de variables en primer lugar, se midió el rendimiento de la producción de biomasa de los distintos cultivares de maíz. El procedimiento consistió en cosechar todas las mazorcas de los dos surcos centrales. Luego se procedió al corte de todas las plantas para medir la biomasa total del forraje (tallo, espigas y hojas). El corte de las plantas se hizo de 2.0 a 3.0 cm del suelo. Posteriormente se seleccionó 10 plantas al azar de las plantas anteriormente cortadas. Éstas se pesaron y posteriormente fueron desprovistas de todas las hojas, luego de este deshoje se procedió a pesar el tallo de estas para estimar la proporción de estos dos componentes (hojas y tallos). Este procedimiento se realizó en todas unidades experimentales. Para medir la biomasa de las mazorcas, se hizo un muestreo que consiste en seleccionar 10 mazorcas con capullo de las ya cosechadas. Una vez seleccionadas se procedió a pesarlas y posteriormente, se pesaron sin el capullo, para estimar el porcentaje de ambos componentes.
- ✓ Materia Seca para hojas y tallo (%): se tomaron las muestras en campo, seleccionando una submuestra de 200 gramos debidamente rotulada y empacada, para luego ser llevada a un horno de convección de aire caliente a una temperatura de 60° - 65°C por un tiempo de 18 a 24 horas, en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, sede Panamá. Por último, se procedió a registrar el peso seco para estimar la materia seca por hectárea de los cuatro cultivos de maíz.

$$\text{Materia seca por Ha} = \frac{\text{peso fresco de la muestra (peso seco de la submuestra)}}{\text{peso fresco de la submuestra}}$$

Posterior del secado parcial de la muestra, la misma es molida con un tamiz especial con una rejilla de 1 milímetro de diámetro, luego se saca aproximadamente 3 gramos de la muestra previamente secada y molida

para llevar al horno nuevamente, pero a 105° C por un tiempo de 12 horas de tal manera que se pueda determinar la materia seca final y adecuadamente.

3.6 Descripción del procedimiento para las variables a medir en el laboratorio

Los valores de composición química del forraje se obtuvieron de las submuestras de hojas y tallos de los cuatros cultivares de maíz en donde se realizaron los análisis químicos para la determinación de las variables calidad nutritiva.

Variables de calidad nutritiva

- ✓ Proteína Cruda (%): este análisis se realizó en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, sede Panamá. Su metodología está basada en la lectura del contenido de nitrógeno en muestras a través del método Kjeldahl, multiplicado por el factor 6.25 y corregido por su contenido de materia seca. Este método de determinación de nitrógeno está basado en tres pasos. El primero implica la digestión de la muestra donde el nitrógeno de la materia orgánica se descompone por la acción de una solución concentrada de ácido. Esto se obtiene por el calentamiento de la muestra en ácido sulfúrico, teniendo como resultado una solución de sulfato de amonio. En el segundo paso sucede la destilación donde al agregar un exceso de una base, el amonio iónico se convierte en amonio gaseoso que se libera del medio por ebullición y el gas se condensa y atrapa en una solución con un ácido débil. Por último, el tercer paso se trata de la titulación donde se cuantifica la cantidad de amonio presente en la solución resultante.
- ✓ Ceniza (%): este análisis se realizó en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, sede Panamá. Su metodología está basada en someter la muestra a temperatura de 550 – 600°C en un incinerador por un período de 8 horas.

- ✓ Fibra cruda (%): El principio de este análisis está basado en el método proximal o de Weende, este basado en la digestión de la muestra en soluciones ácidas y básicas, donde el peso perdido de la muestra luego de realizar la incineración al residuo se le considera fibra cruda.

3.7 Modelos estadísticos de las variables evaluadas

Se utilizó el Diseño en Bloque Completamente al Azar (DBCA) con cuatro repeticiones, empleando el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + e_{ijk}$$

Donde Y_{ijk} : representa a las variables dependientes (Rendimiento y agronómicas de los diversos cultivos de maíz)

μ : es la media de las variables dependientes

B_i : es el efecto del Bloque.

T_j : representa el efecto de las cuatro variedades de maíz (Precoz amarillo, IMV-1816, IMV-1102, DAS-3383).

e_{ijk} : es el error residual o estándar.

3.8 Análisis estadístico

- **Análisis de varianza (ANOVA):** Por medio de esta prueba se determinó la existencia o no de diferencia significativa en las medias de los tratamientos. Por otra parte, a través del análisis de varianza ANOVA, se probó la hipótesis. H_0 : Las medias son iguales (Hipótesis Nula). H_a : Al menos una de las medias es diferente (Hipótesis alternativa). Este análisis se realizó para hacer las comparaciones de medias entre los tratamientos.
- **Prueba de hipótesis para la diferencia entre medias:** En esta investigación se realizó con o sin diferencia significativa entre los tratamientos la comparación de medias mediante la prueba de Tukey con 5% de probabilidad para determinar el mejor tratamiento.
- **Gráficos de barras:** Se realizaron en el lenguaje de programación R (R Core Team, 2018). La significancia considerada para las evaluaciones

estadística fue tomando en consideración el 5 % ($p < 0,05$). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa estadístico SAS utilizando la interfaz SAS Studio 3.8 a través de SAS On Demand for Academics (SAS, Institute Inc. 2018)

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ALTURA DE PLANTA (cm)

El análisis de varianza (ANOVA) indicó que la altura de planta de los cultivares de maíz en estudio no presentaron diferencia significativa ($P>0.05$), lo cual indica que presenta un tamaño bastante similar en su desarrollo y crecimiento morfológico adecuado (Tabla 13).

Tabla 13. Análisis de varianza de altura de planta en (cm) para los cuatros cultivares de maíz (*Zea mays*), estudiados.

Factor	GL	Suma de los cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr (>F)
Bloque	3	645.8325	215.2775	4.36	0.0372
Cultivares	3	134.8875	44.9625	0.91	0.4736 n/s
Total	15	1225.1175			

Nota: n/s: no hubo diferencia significativa ($P>0.05$).

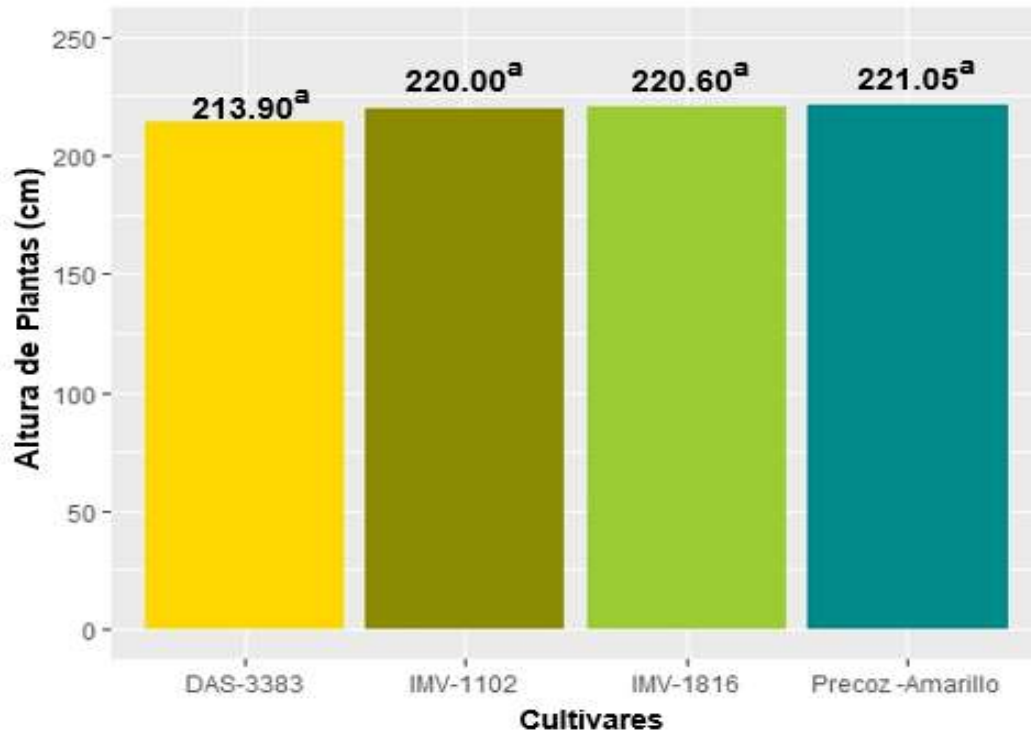
En la Figura 10 se puede observar que la variable altura de plantas en mayor proporción fue desarrollada por la variedad Precoz amarillo con 221.05 centímetros, seguidos por los híbridos IMV-1102 y IMV-1816 con 220.00 y 220.60 centímetros de altura. El menor crecimiento se observó en el híbrido DASS-3383 con una altura de plantas de 220.60 centímetros.

Investigaciones llevadas a cabo por Gordón et al. (2010) en Panamá, empleando 20 variedades de maíz, en las cuales el material genético del ensayo estuvo compuesto por nueve sintéticos de Maíz de Calidad Proteica (QPM) y once de grano normal, revelaron que, para la variable altura de planta, se obtuvieron promedios de 210 cm para los maíces sintéticos de grano normal y de 208 cm para aquellos de alta calidad proteica provenientes del CIMMYT, respectivamente.

Por otro lado, un estudio llevado a cabo por Gordón et al. (2024) en Los Santos, Panamá, tuvo como objetivo la selección de un híbrido de maíz adecuado para los sistemas de siembra mecanizada en dicha región. Se llevaron a cabo evaluaciones de las características agronómicas de dieciséis híbridos de grano amarillo, obteniéndose un promedio de 228 cm en la variable de altura de planta. La altura máxima registrada fue de 233 cm, alcanzada por siete de los dieciséis

híbridos evaluados. Por otro lado, la altura mínima correspondió al híbrido ADV-9223, el cual presentó un valor de 215 cm.

Figura 10. Altura de planta (cm) en función a los cuatro cultivares de maíz estudiados.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Comparando los estudios antes mencionados, se puede deducir que los cultivares empleados en este estudio poseen un rango aceptable de altura. Teniendo en cuenta que la altura de la planta de maíz es una variable crucial en la investigación agrícola, ya que, es un indicador directo del crecimiento y desarrollo de esta. Un crecimiento adecuado puede reflejar condiciones óptimas del cultivo, como la disponibilidad de nutrientes, agua y luz. Generalmente, existe una correlación entre la altura de la planta y el rendimiento del maíz. Plantas más altas pueden tener más mazorcas y, por lo tanto, mayor producción, aunque esto puede variar según la variedad de maíz y las condiciones de cultivo. Por último, la altura puede ser un criterio importante para seleccionar variedades que se adapten mejor a condiciones específicas de cultivo o que sean más rentables.

4.2 RENDIMIENTO DE HOJA (Forraje verde) (Kg/ha).

Los resultados del análisis de varianza para la variable rendimiento de hoja (kg/ha) presentados en la tabla 14. indican que no existió diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los cultivares de maíz en la investigación realizada. Este resultado indica que los cuatro cultivares de maíz manifestaron similar volumen de hoja.

Tabla 14. Análisis de varianza para rendimiento de hoja en (ton/ha) para los cuatro cultivares de maíz (*Zea mays*), estudiados.

Factor	GL	Suma de los cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr (>F)
Bloque	3	577.3858	192.4619	0.92	0.4676
Cultivares	3	670.6353	223.5451	1.07	0.4080 n/s
Total	15	3121.9283			

Nota: n/s: no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$).

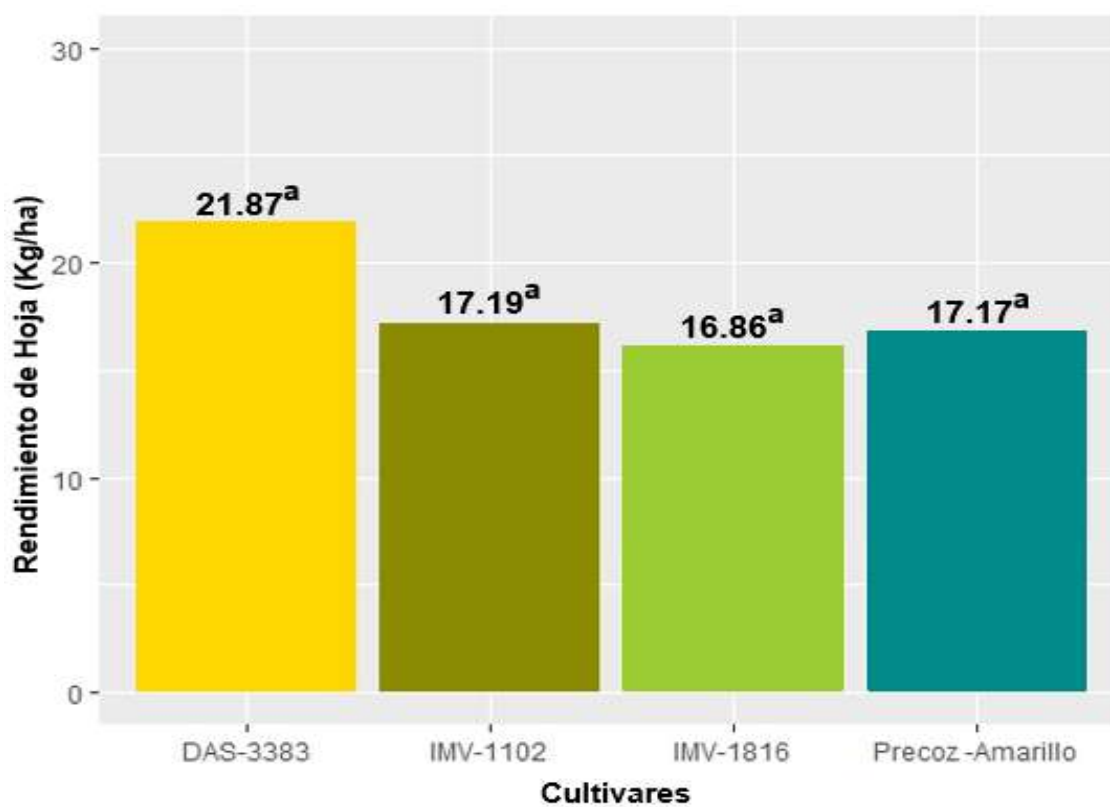
Los cultivares que registraron los mayores rendimientos de hojas fueron los híbridos DAS-3383 y IMV-1102 con producciones por el rango de 21.87 y 17.19 toneladas por hectárea respectivamente. Los cultivares que ocuparon rangos inferiores en los rendimientos fueron el híbrido IMV-1816 y la variedad Precoz-Amarillo con 16.86 y 17.17 kilogramos por hectáreas (Figura 11).

El rendimiento de hoja es un parámetro crucial en el cultivo de maíz, ya que permite evaluar el desempeño del cultivo, lo cual es muy importante para la selección de variedad que sea más conveniente para la alimentación del ganado.

En un estudio realizado en la Universidad de Costa Rica por Salazar en 2011, se analizó el rendimiento y la calidad de dos variedades de maíz, que fueron cosechadas a los 107 días de edad. Los resultados revelaron que el maíz híbrido alcanzó un rendimiento de 18.33 kg/ha en hoja, mientras que la variedad criolla mostró un rendimiento superior, con 30.48 kg/ha en hoja.

Los rendimientos de hoja, expresados en kg/ha, brindan a los productores una herramienta valiosa para evaluar la productividad del cultivo. Un aumento en el rendimiento de hoja puede reflejar un crecimiento y un desarrollo óptimos de las plantas, lo que se traduce en un mayor volumen de forraje disponible para ensilaje.

Figura 11. Rendimiento de hoja (Kg/ha) de los cuatro cultivos de maíz estudiados.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

4.3 RENDIMIENTO DE TALLO. (Forraje verde) (Kg/ha)

La variable rendimiento de tallo (forraje verde) no mostró diferencias significativas ($P>0.05$) entre los cultivares de maíz evaluados (Tabla 15).

Tabla 15. Análisis de Varianza para rendimiento de tallo en (Kg/ha) para los cuatros cultivares de maíz (*Zea mays*), estudiados.

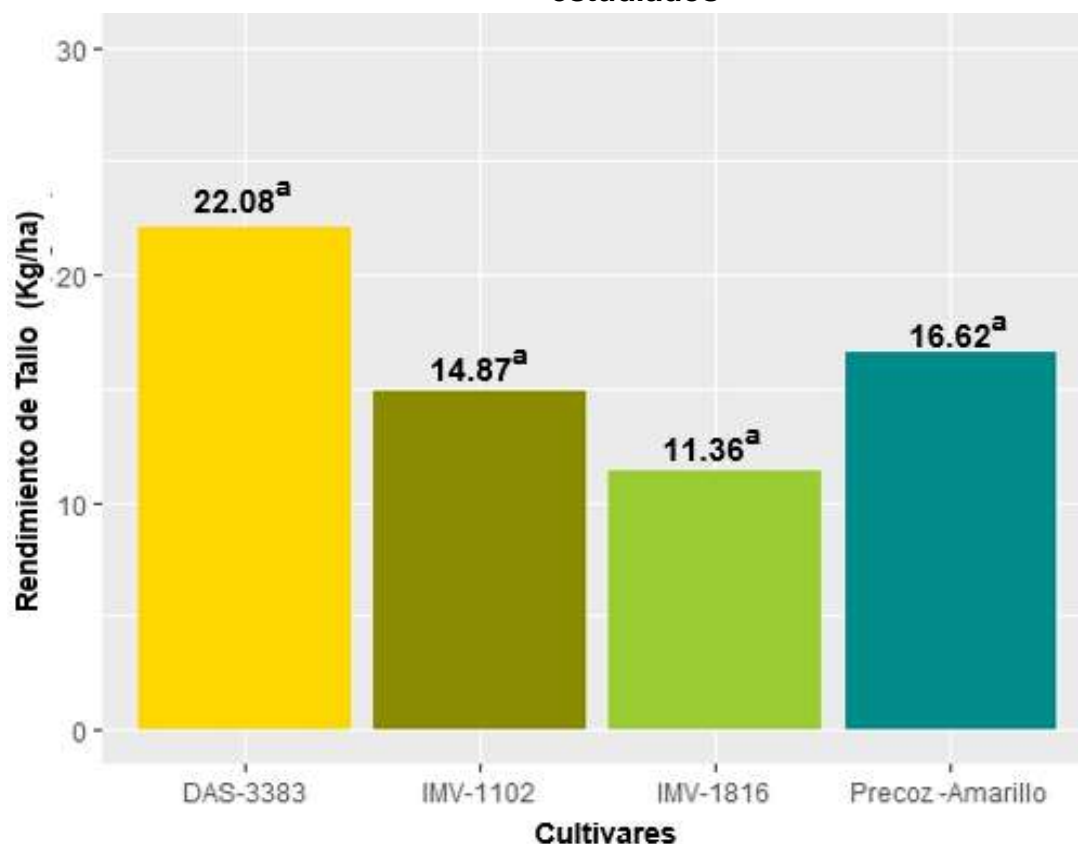
Factor	GL	Suma de los cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr (>F)
Bloque	3	76.9592	25.6531	0.42	0.7454
Cultivares	3	239.6279	79.8760	1.30	0.3339 n/s
Total	15	870.8118			

Nota: n/s: no hubo diferencia significativa ($P>0.05$).

Se mantuvo la tendencia de mayor producción que se obtuvo en hojas en los híbridos DAS-3383 (22.08 Kg/ha) y IMV-1102 (14.87 Kg/ha), seguidos por el híbrido IMV-1816 (11.36 Kg/ha) y Precoz amarillo (16.62 Kg/ha).

En la Figura 12 se puede observar el comportamiento la variable rendimiento de tallo (Kg/ha) en los distintos cultivos de maíz. El rendimiento de tallo es una variable importante en el cultivo de maíz, ya que permite evaluar la productividad del cultivo, lo cual se torna crucial para la selección de variedad o híbridos que presentan mejores respuestas productivas, lo cual está estrechamente asociados a la disponibilidad de forraje verde para la alimentación de los animales.

Figura 12. Rendimiento en tallo (Kg/ha) de los cuatro cultivos de maíz estudiados



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Un ensayo realizado por la Universidad de Costa Rica muestra valores reportados por Salazar (2011), quien encontró que, a los 107 días, el cultivo de maíz presentó un rendimiento en tallo de 34.76 Kg/ha para la variedad híbrida y de 84.76 Kg/ha para la variedad criolla.

El tallo es una parte importante de la planta de maíz para ensilaje, ya que contribuye al volumen total del ensilaje. Un rendimiento adecuado de tallo puede influir en la calidad de este, ya que proporciona fibra, que es necesaria para la digestión en rumiantes.

4.4 RENDIMIENTO DE BIOMASA (Hoja- Tallo) (Kg/ha)

No hubo efecto significativo ($P>0.05$) en la fusión (hoja-tallo) del rendimiento de biomasa en kilogramos por hectárea de los cuatros cultivares de maíz.

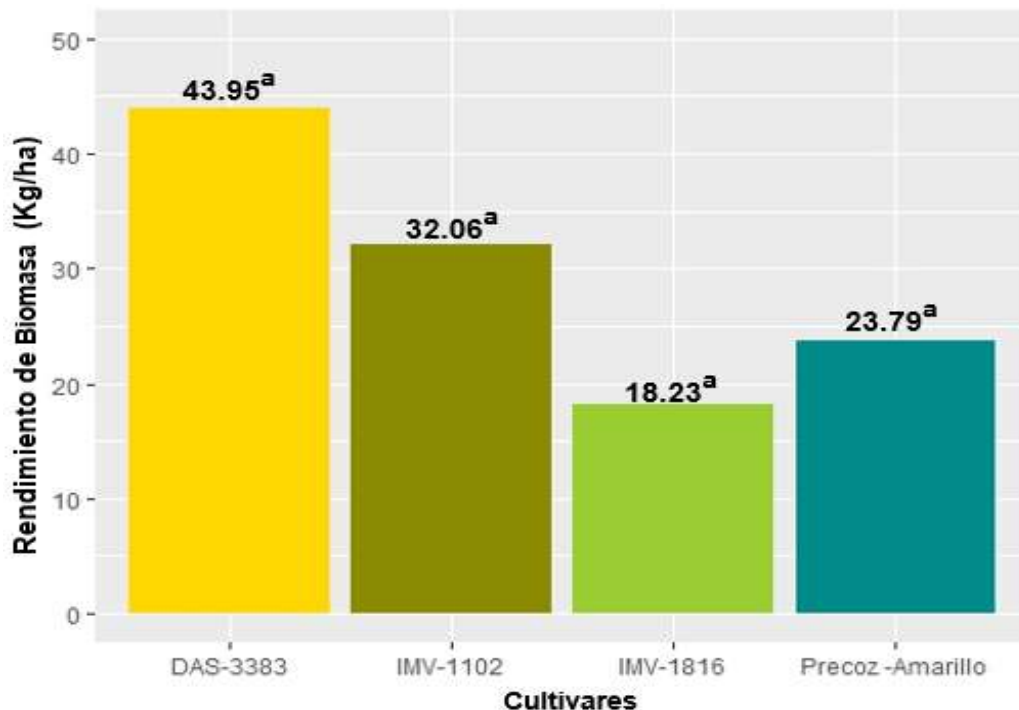
Tabla 16. Análisis de Varianza de Biomasa en (Kg/ha) para los cuatros cultivares de maíz (*Zea mays*), estudiados.

Factor	GL	Suma de los cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr (>F)
Bloque	3	790.1826	263.3942	0.67	0.5934
Variedad	3	1500.5172	500.1724	1.27	0.3433 n/s
Total	15	5846.6578			

Nota: n/s: no hubo diferencia significativa ($p>0.05$).

En la Figura 13 se ilustra las respuestas de productividad de biomasa (hoja-tallo). En la misma se presentan las medias desempeño de rendimientos de los cultivares con 43.95, 32.06, 18.23 y 23.79 Kg/ha para DASS-3383, IMV-1102, IMV-1816 y Precoz amarillo, respectivamente.

Figura 13. Rendimiento de biomasa (hoja-tallo),(Kg/ha) de los cuatro cultivares de maíz estudiados.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

El rendimiento de forraje en maíz varía de acuerdo con la densidad utilizada, al manejo agronómico y las condiciones ambientales que prevalecen en todo el ciclo del cultivo. Los rendimientos esperados con la aplicación de estas agrotecnologías, permite una producción de aproximadamente 37.5 toneladas de forraje verde/ha, con un promedio de materia seca de 32.5%, esto equivale a 12 toneladas de materia seca/ha. (IDIAP,2012). Por lo tanto, los resultados dados en este estudio son muy buenos, si consideramos que los cultivares estudiados fueron cosechados a los 48 días, sin la presencia de la porción mazorca. (solo hoja y tallo).

En un estudio realizado en la Universidad de Costa Rica por Salazar en (2011), se analizó el rendimiento y la calidad de dos variedades de maíz, que fueron cosechadas a los 107 días de edad. Los resultados revelaron que el maíz híbrido alcanzó un rendimiento de biomasa de 76.19 Kg/ha, mientras que la variedad criolla mostró un rendimiento superior, con 88.10 kg/ha.

El rendimiento de la biomasa también está intrínsecamente ligado a la calidad del ensilaje generado. Un rendimiento más elevado puede traducirse en un mayor contenido de materia seca y nutrientes, lo que, a su vez, mejora la calidad del ensilaje y su valor nutricional para el ganado.

Conocer los rendimientos de biomasa proporciona a los agricultores la oportunidad de adoptar prácticas más sostenibles. Por ejemplo, ante la detección de bajos rendimientos, podrían realizarse ajustes en la rotación de cultivos, en la conservación del suelo y en el uso de insumos agroquímicos, con el objetivo de reducir el impacto ambiental. Además, los datos estos valores permiten a los agricultores comparar su producción con estándares regionales o nacionales, así como con otros productores. Este tipo de comparación puede incentivar la implementación de mejores prácticas agrícolas y la adopción de tecnologías que aumenten la productividad.

4.5 MATERIA SECA (Forraje total) (%)

Los porcentajes de materia seca obtenidos en el forraje total de los cultivares investigados reflejaron diferencias significativas ($P > 0.05$), según el análisis de varianza y la prueba de diferencias de medias realizados a esta variable (Tabla 17).

Tabla 17. Análisis de varianza para Materia seca – Forraje total (%) para los cuatro cultivares de maíz (*Zea mays*), estudiados.

Factor	GL	Suma de los cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr (>F)
Bloque	3	97.0942	32.3647	15.35	0.0007
Variedad	3	51.8267	17.2756	8.19	0.0061***
Total	15	167.8961			

Nota. ***Diferencia significativa al 5% de probabilidad.

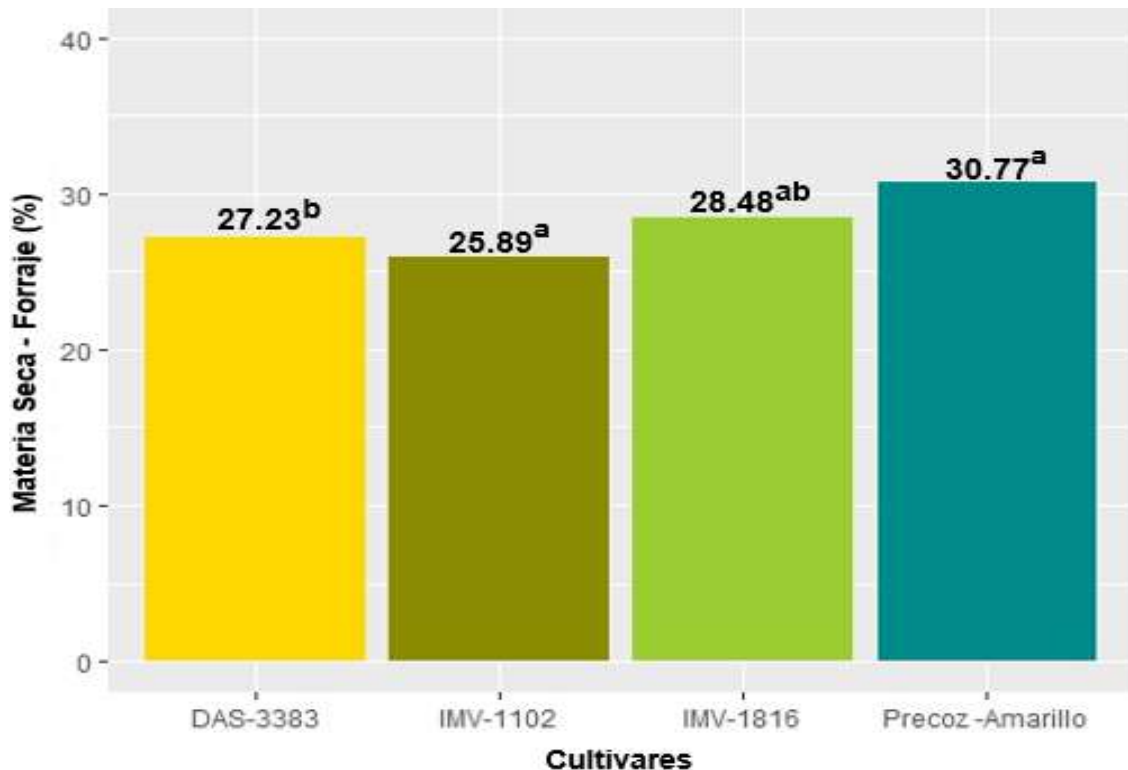
Es importante destacar que la materia seca (MS) se refiere a lo que permanece una vez que se haya eliminado el agua (humedad) de los alimentos o de las plantas en su estado fresco o verde. La determinación inicial de la cosecha es un factor de gran importancia para la calidad de un ensilado. Para la mayoría de los cultivos, ese punto se sitúa alrededor del 30% de materia seca en el material a ser ensilado. Para grandes áreas, se debe iniciar la cosecha un poco antes de ese punto, 27-28% de materia seca; para terminar la cosecha ligeramente encima del punto ideal de 32-35% de materia seca.

Los cultivares Precoz amarillo, IMV-1102 y el IMV-1816, mostraron valores muy similares con 30.77%, 25.89%, observándose diferencias significativas con relación al híbrido DASS-3383 con 27.33%. (Fig. 17). Estos valores presentados en los 4 cultivares estudiados son aceptables si tomamos en cuenta que la cosecha realizada en el estudio fue a los 48 días después de la siembra, Casi 50 días menos de la cosecha recomendada por los autores a estos materiales que es entre 110 a 120 días después de la siembra.

Cabe señalar que la producción de materia seca en hoja es un parámetro esencial para medir el desempeño de la planta de maíz, ya que permite conocer el volumen de materia seca que se le puede brindar como alimento a los animales.

De acuerdo con Amador y Boschini (2000) el estudio de la materia seca en la hoja del maíz es clave para elegir la mejor variedad para la producción de forraje que puede ser utilizado en la alimentación de los rumiantes.

Figura 14. Materia seca (Forrajes total (hoja-tallo) (%), en los cultivares de maíz estudiados



Fuente: Elaboración propia, 2024.

En cuanto a los resultados de esta investigación coinciden con los valores reportados por Amador & Boschini, (2000) donde encontró que la producción de tallo del cultivo de maíz a los 51 días fue de 35.57%. Por su parte, un estudio llevado a cabo en la Universidad Autónoma de Chihuahua, México por Ruiz et al., (2006), tuvo como objetivo evaluar la producción de forraje de 7 híbridos comerciales de maíz, así como la composición química y la calidad nutritiva del ensilaje producido por estos materiales. Se llevaron a cabo evaluaciones de las características agronómicas de los híbridos comerciales, obteniéndose un promedio de 36.11 % para la variable producción de tallo. La producción máxima registrada fue de 40.3% alcanzada por el híbrido EX313. Por otro lado, la producción mínima correspondió al híbrido 238W el cual presentó una producción

de tallo de 31.8%. Al comparar los estudios previamente citados, se puede inferir que las variedades utilizadas en esta investigación presentan un nivel de producción en tallo que resulta aceptable. Cabe destacar que la variedad precoz amarillo a 48 días de edad mantuvo un nivel de producción en tallo considerado aceptable, a pesar de ser una variedad de ciclo corto en relación con las demás variedades analizadas.

4.6 PROTEÍNA CRUDA (%)

El análisis de varianza indicó que los contenidos de proteína no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los cultivares de maíz. Sin embargo, hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las partes de plantas. (Tabla 18)

Tabla 18. Análisis de varianza para los contenidos de proteína en (%) para los cuatros cultivares de maíz (*Zea mays*), estudiados.

Factor	GL	Suma de los cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr (>F)
Bloque	3	2.2186	0.7395	0.47	0.7089
Cultivares	3	1.9162	0.6387	0.40	0.7525 n/s
PP	1	500.0703	500.0703	315.28	<.0001***
Total	31	543.5783			

Nota: PP: Parte de la planta (Hoja – Tallo).

n/s: no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) para el factor de variedad.

***Diferencia significativa al 5% de probabilidad para el factor de PP.

Los contenidos de proteína cruda en la porción hojas de todos los cultivares en estudio alcanzaron porcentajes por encima del 14.00% para la porción hoja y más de 7.00% para los tallos. Los resultados presentados en los cultivares fueron los siguientes para la porción hoja: Precoz amarillo: 16.28%; IMV-1816: 15.92%; IMV-1102: 14.77% y DASS-3383: 14.78%. Para la porción tallo los contenidos de proteína fueron los siguientes: Precoz amarillo: 7.26%; IMV-1816: 7.43%, IMV-1102: 7.83% y DASS-3383: 7.60%. (Fig. 15)

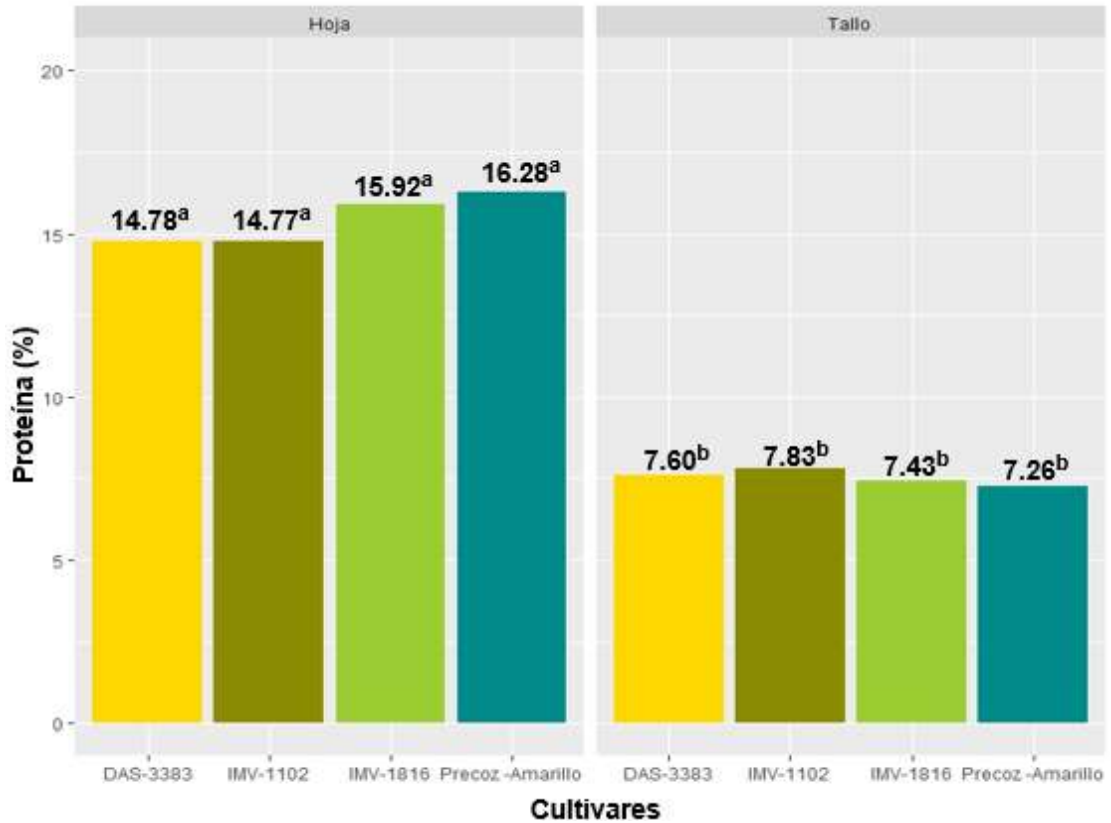
Los contenidos de proteína cruda encontrados en el presente estudio según la Clasificación del Valor Nutritivo de Fudge y Fraps (1974) se consideran dentro del rango de excelentes (16.5 ò más %). El contenido de proteína cruda del forraje es muy importante pues cuando este nivel es inferior al 7% de la materia seca, la utilización del forraje (digestibilidad) a escala del rumen se ve limitado a causa de una deficiencia de nitrógeno para el crecimiento bacterial. Cuando los forrajes contienen niveles superiores al 7% se obtendrá una respuesta aceptable en producción animal y en la utilización del forraje a nivel del rumen. Se ha establecido que niveles menores del 7% de N en los pastos deprimen el consumo (Leng 1982 Citado por Chamorro, J. 1996).

En cuanto a los resultados de esta investigación coinciden con los valores reportados por Amador & Boschini, (2000) donde encontraron que el aporte del cultivo de maíz a los 93 días presentó en el tallo 8.14% PC y hoja 17.95% de PC.

En un ensayo llevado a cabo en la Universidad de Costa Rica por Salazar (2011), se analizó el rendimiento y la calidad de dos cultivares de maíz, los cuales fueron cosechados a los 107 días de edad. Los resultados indicaron que el cultivar de maíz híbrido exhibió un porcentaje de proteína cruda (PC) del 7.30% en el tallo y del 17.32% en la hoja, para la planta entera un 11.80% PC. Por otro lado, el cultivar de maíz criollo presentó en el tallo 7.79% y en hoja 17.81%, finalmente para la planta entera 12.10% PC.

Al comparar los estudios previamente mencionados, se puede inferir que las variedades utilizadas en esta investigación presentan un nivel de contenido proteico que resulta aceptable y excelentes. Cabe destacar que la variedad Precoz amarillo a los 48 días de edad mantuvo un nivel de proteína en hoja y tallo considerado excelente, a pesar de ser una variedad de ciclo corto y en relación con las demás variedades analizadas.

Figura 15. Niveles de proteína (%) en función a la parte de la planta de los cuatro cultivares de maíz estudiados.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

4.7 CENIZA (%)

La ceniza representa el contenido mineral total del forraje y en el análisis de forraje se denomina ceniza cruda. La ceniza se define como el contenido mineral total del forraje y se compone de minerales contenidos dentro de la planta, es decir, cenizas internas, y contaminación del suelo, es decir, cenizas externas.

El análisis de varianza indicó que el nivel de ceniza no presentó diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los cultivares de maíz estudiados. Sin embargo, hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las partes de plantas. (Tabla 19).

Los resultados muestran que los niveles de ceniza obtenidos en este trabajo entre los cultivares de maíces forrajeros fueron similares tanto en la porción hojas como en los tallos, y están dentro de los niveles considerados como buenos para especies forrajeras en términos de porcentajes (Fig. 16). Las pasturas poseen una concentración de ceniza que oscila entre 7 a 13 % en su contenido de materia seca (Trujillo, 2012). Un nivel apropiado de ceniza es indicativo de la presencia de minerales esenciales, tales como el calcio, el fósforo, el magnesio y otros oligoelementos. Estos minerales son fundamentales para la salud animal y el rendimiento productivo.

Tabla 19. Análisis de varianza para los niveles de ceniza en (%) para los cuatros cultivares de maíz (*Zea mays*), estudiados.

Factor	GL	Suma de los cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr (>F)
Bloque	3	5.8536	1.9512	1.67	0.2039
Cultivares	3	3.1533	1.0511	0.90	0.4580 n/s
PP	1	65.8665	65.8665	56.36	<.0001***
Total	31	100.5951			

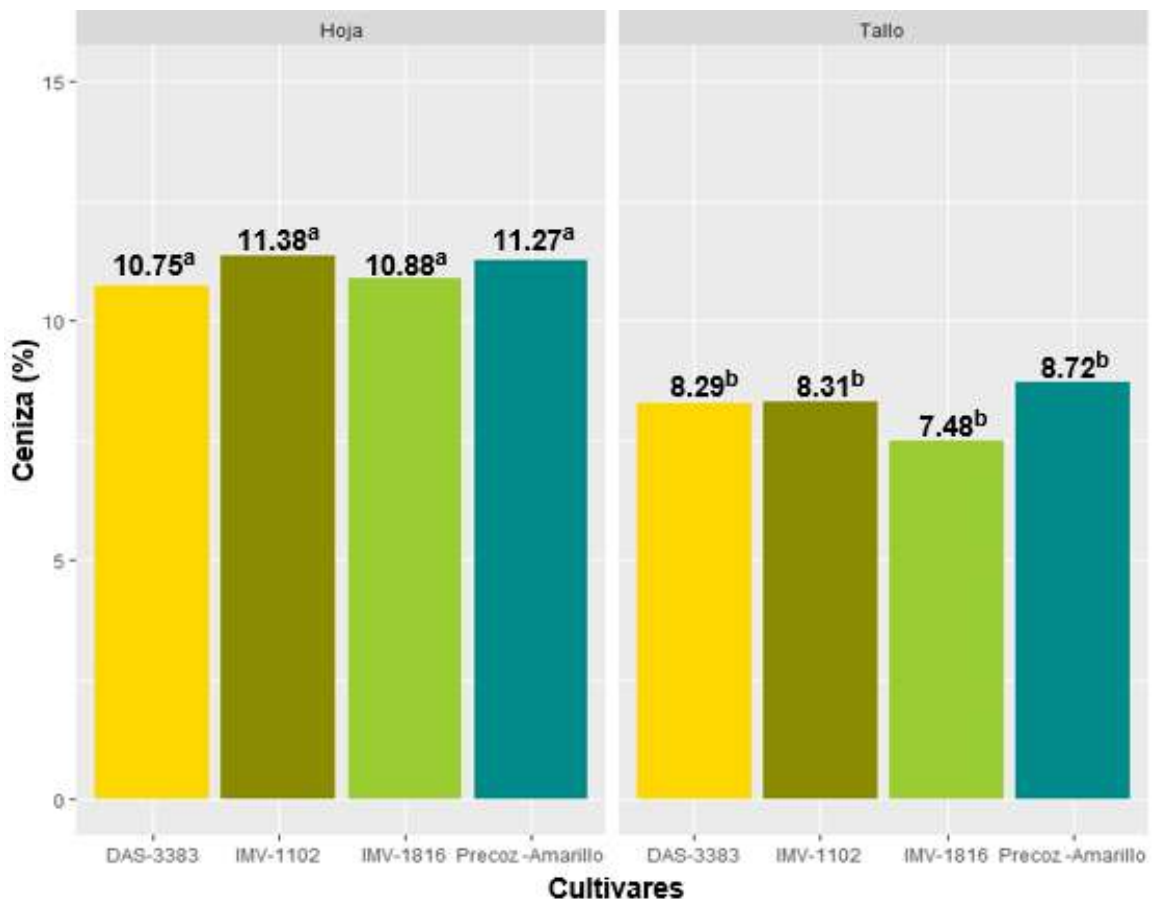
Nota: PP: Parte de la planta (Hoja - Tallo).

n/s: no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) para el factor de variedad. Y hubo ***Diferencia significativa al 5% de probabilidad para el factor de PP.

Los resultados presentados en los cultivares fueron los siguientes para la porción hoja: Precoz amarillo: 11.27%; IMV-1816: 10.88%; IMV-1102: 11.38% y DASS-3383: 10.75%. Para la porción tallo los contenidos de proteína fueron los siguientes: Precoz amarillo: 8.72%; IMV-1816: 7.48%, IMV-1102: 8.31% y DASS-3383: 8.29%. (Fig. 16)

Cabe destacar que los niveles de ceniza en los forrajes de maíz pueden fluctuar en función de diversos factores, tales como la naturaleza del suelo, las prácticas de manejo agrícola y el estado de madurez de la planta. En términos generales, los forrajes de maíz de alta calidad presentan un contenido de ceniza que oscilan entre el 5% y el 10% de la materia seca. Es fundamental señalar que un elevado contenido de ceniza, superior al 12%, puede indicar la presencia de problemas, tales como la acumulación de minerales no deseados o la presencia de contaminantes. Asimismo, un exceso de ceniza puede influir negativamente en la digestibilidad del forraje y en su valor nutricional.

Figura 16. Niveles de ceniza (%) en función a la parte de la planta de los cuatro cultivares de maíz estudiados.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

4.8 FIBRA CRUDA (%)

Como se puede observar en la Tabla 26, el análisis de varianza indica que no se presentó diferencia significativa ($P>0.05$) entre los cultivares de maíz. El análisis de varianza (ANOVA) indicó que el nivel de fibra cruda no presentó diferencias significativas ($P>0.05$) entre los cultivares de maíz. Sin embargo, hubo diferencias significativas ($p<0.05$) entre las partes de plantas. (Tabla 20).

La fibra cruda constituye un factor que influye en la digestibilidad de los forrajes; ya que, su importancia radica en indicar la concentración de celulosa y lignina en la planta. Un nivel apropiado de fibra cruda es esencial para garantizar que los animales puedan fermentar y digerir adecuadamente los nutrientes. No obstante, un exceso de esta puede reducir la digestibilidad general del forraje.

Tabla 20. Análisis de varianza para los niveles de fibra cruda en (%) para los cuatros cultivares de maíz (*Zea mays*, estudiados.

Factor	Df	Tipo III SS	Cuadrado de la media	Valor F	Pr (>F)
Bloque	3	16.6538	5.5513	0.30	0.8257
Cultivares	3	68.0943	22.6981	1.22	0.3261 n/s
PP	1	219.2418	219.2418	11.81	0.0025***
Total corregido	31	753.8246			

Nota: PP: Parte de la planta (Hoja - Tallo).

n/s: no hubo diferencia significativa ($p>0.05$) para el factor de variedad.

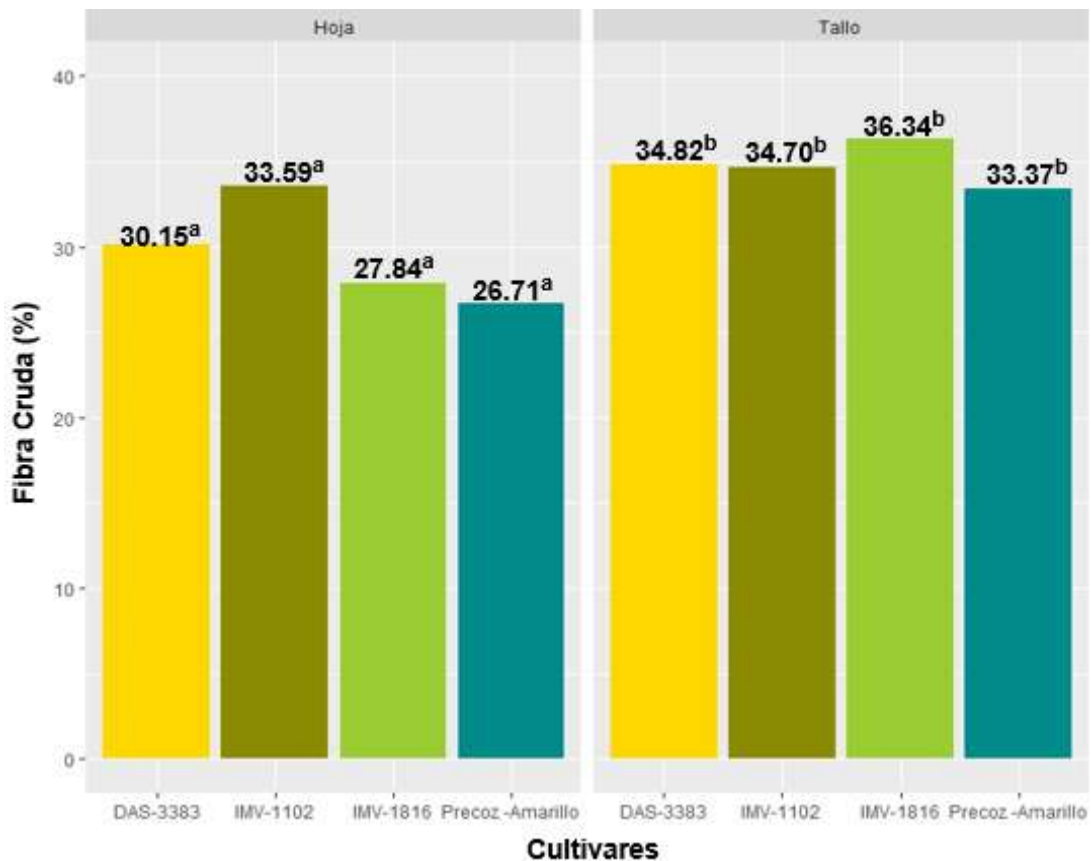
***Diferencia significativa al 5% de probabilidad para el factor del PP.

Los valores de fibra cruda que se presentaron en el ensayo, la porción hoja fueron inferiores a los que se encontraron en la porción tallo en todos los cultivares que se evaluaron. Para la porción hoja se observaron los siguientes valores: DASS-3383: 30.15%, IMV-1102: 33.59%, IMV-1816: 27.84 y Precoz amarillo: 26.71%. En la porción de tallos se reportaron los siguientes porcentajes: DASS-3383: 34.82%, IMV-1102: 34.70%, IMV-1816: 36.34 y Precoz amarillo: 33.37%. (Fig. 17).

En la Clasificación del Valor Nutritivo de los Forrajes de Fudge y Fraps (1974), los porcentajes de fibra cruda se catalogan como buenos en el sentido de que en todos los cultivares de maíz evaluados tanto las hojas como los tallos no se lignifican o endurecen a cortes cada 48 días y cauce el rechazo de consumo

por los animales, que son poco fermentables por la flora intestinal así que producen pocos ácidos grasos volátiles.

Figura 17. Niveles de fibra cruda (%) en función a la parte de la planta de los cuatro cultivares estudiados.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

En un ensayo llevado a cabo en la Universidad de Costa Rica por Salazar (2011), se analizó el rendimiento y la calidad de dos cultivares de maíz, los cuales fueron cosechados a los 107 días de edad. Los resultados indicaron que el cultivar de maíz híbrido presentó un porcentaje de fibra cruda (FC) de 50.08% en el tallo y de 35.79% en la hoja, alcanzando un total del 40.80% de FC para la planta entera. Por otra parte, el cultivar de maíz criollo presentó en el tallo un porcentaje de 52.60% y en la hoja un 34.78%, resultando en un total de 44.29% de FC para la planta completa.

CONCLUSIONES

Los cuatro cultivares de maíz: DASS-3383, IMV-1102, IMV-1816 y Precoz amarillo presentan rendimientos productivos y calidad nutritiva aceptables y buenos bajo las condiciones del suelo y del clima del estudio, lo cual indica un comportamiento saludable y adaptable, por tanto, se consideran forrajes aptos para la elaboración de ensilaje para alimentación el ganado rumiante.

La parte de la hoja de las cuatro cultivares de maíz en el ensayo demostraron mayores niveles de proteína y ceniza. Mientras que el tallo se caracterizó por presentar mayores niveles de fibra cruda. Por consiguiente, la incorporación completa de la planta en el proceso de ensilaje tanto de hojas y tallo aporta más nutriente en la dieta de los animales.

Cabe destacar que la variedad Precoz amarillo a 48 días de edad mantuvo un nivel de producción en hoja considerado bueno, a pesar de ser una variedad de ciclo corto en relación con las demás variedades analizadas

RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en el estudio, nos permite recomendar a los cultivares de maíz DASS-3383, IMV-1102, IMV-1816 y Precoz amarillo para la elaboración de ensilaje para la alimentación de los animales.

Tomar en consideración el uso de variedades desarrolladas en nuestro país (IMV-1102, IMV-1816 y Precoz amarillo), ya que las mismas en este trabajo han demostrado su potencial de producción de forraje y calidad nutritiva al realizar la cosecha precoz (48 días después de la siembra), con densidad de 58,825 plantas /ha.

Realizar estudios con densidades de siembra mayor de 58,000 plantas/ha para observar si puede haber mayor aumento de forrajes a menores días

REFERENCIAS CITADAS

- Agripac. (2007).** El cultivo de maíz en el Ecuador. Pp 11-13. 24. 68-72.
- Amador, A. L., & Boschini, C. (2000).** Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana*, 11(1), 171-177.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43711126>
- Barandiarán, M. (2020).** Manual Técnico del cultivo de maíz amarillo duro (I). Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA Perú
- Barnett, A. J.G. (1957).** Fermentación del Ensilado. Madrid, Aguilar. p. 208
- Barnett, J. (1989).** Tendencias de adopción en sistemas de labranza de conservación. En *Labranza de conservación de maíz*. H.Barreto, R.Raab, A.Violic y A.Tasistro (eds.) Documento de Trabajo CIMMYT PROCIANDINO, El Batán, México. p. 13-18.
- Bonilla, N. (2009).** Manual de recomendaciones del cultivo de maíz. -San José, C.R. 72p. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-2479.PDF>
- Camargo I., Gordón, R. (2000).** IDIAP Precoz Amarillo: una variedad de maíz de ciclo corto para el pequeño productor (Folleto). Panamá, Ruiloba, E.
- Chamorro Moran, J. 1996.** Memorias de curso PASTURAS TROPICALES: Consumo y valor nutritivo de los forrajes. Medellín: CORPOICA regional 4. p 87- 95.
- De Gracia, L. (2008).** Efecto de niveles de melaza sobre las características nutricionales y fermentativas del ensilado de maní forrajero [Universidad de Panamá] pp.83. <http://up-rid.up.ac.pa/id/eprint/7112>
- Demagnet Filippi, R., y Canales Cartes, C. (2020).** Manual cultivo del maíz para ensilaje.

Demagnet, F.R., (2019). Manual de especies forrajeras. Plan lechero Watt's. Corfo. Universidad de la Frontera. CRP Impresores SPA. Concepción, Chile. 266p.

Demagnet, R., y Canales, C. (2020). Manual Cultivo del maíz para ensilaje. Watt's S.A. <https://www.sochipa.cl/wp-content/uploads/2020/08/manual-cultivo-del-maiz-para-ensilaje-2020-versio-digital.pdf>

FarmAgro. (2020). Ficha Técnica DAS3383. PIONNER. <https://www.farmagro.com/uploads/fichas/474f8289fb00a099b8cc7b5dd1e441fcff948ca8ad1fed5aa.pdf>

Ferreira, G., y Brown, A. N. (2016). Environmental factors affecting corn quality silage. In T. Da Silva, y E. M. Santos (Eds.), Advances in silage production and utilization (pp. 39—51). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/64381>

Fudge, J.F and Fraps, G.S. 1974. "The chemical compositions of forrage grasses from the Gulf Coast prairie as related to soil and to requirement for range cattle". Texas Agr. Exp. Sta. Bull. 644, Collage Station, Texas. E.U.A.

García-López, D.A; Hernández, R. A. (2023). Estudio de altas densidades de siembra en la producción de maíz (zea mays) híbrido. Tecnología en Marcha. 36(4), 160-168. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i4.6427>

GeoChemBio. (2020). Zea mays (maize). <https://www.geochembio.com/biology/organisms/maize/>

Germisemillas SAS (2024). Variedad de maíz vs maíz híbrido. Germisemillas - Somos una empresa importadora y especializada en comercialización de semillas en Colombia. <https://germisemillas.com/blog/maiz-variedad-vs-maiz-hibrido/>

Gordón M, R. (2012). Manejo Integral del Cultivo de maíz. IDIAP. <http://www.idiap.gob.pa/download/manejo-integral-del-cultivo-de-maiz/?wpdmdl=1293>

- Gordón M, R., Franco B, J., Núñez C, J., Sáez C, A., Jaén V, J., Ramos M, F., & Ávila G, A. (2019).** Evaluación de la adaptabilidad de híbridos de maíz a las condiciones agroclimáticas de la región de Azuero, Panamá, 2017. *Visión Antataura*, 3(2), 15-32. <https://www.revistas.up.ac.pa/index.php/antataura/article/view/1055>
- Gordón M., R. (2021).** El maíz en Panamá: características, requerimientos y recomendaciones para su producción en ambientes con alta variabilidad climática (1a ed.). Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 108 p. 7-8. ISBN 978-9962-677-66-6. <http://isbn.binal.ac.pa/risbn53/catalogo.php?mode=detalle&nt=21608>
- Gordón, R. (2020).** IDIAP-MV-1816 Alto rendimiento y tolerancia a sequía. Gob.pa. https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/Plegable_IDIAP-MV-1816_v3.0.pdf
- Gordón, Román, Franco, J., Núñez, J., Jaén, J., Sáez, A., Quirós, E., & Rodríguez, E. (2020).** IDIAP-MV-1102 Maíz con tolerancia a Sequía. Gob.pa. https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/Plegable_IDIAP-1102_V3.0.pdf
- Gordón-Mendoza, R., Franco-Barrera, J., Ramos-Manzané, F., & San Vicente-García, F. (2024).** Selección de un híbrido de maíz para los sistemas de siembra mecanizada en Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (39), 135-159. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/655>
- Gordón-Mendoza, Román, Franco-Barrera, Jorge, & Camargo-Buitrago, Ismael. (2010).** Adaptabilidad y estabilidad de 20 variedades de maíz, Panamá. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1), 11-20. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212010000100002&lng=en&tlng=es.

- Guerrero, B; Herrera, D.** Guía Técnica. Conservación de Pastos y Forrajes. Henificación y Ensilaje. 2012. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 28 p.
- Herrera, D., y Guerrero, B. (2012).** Uso del ensilaje de Maíz y caña de azúcar para la alimentación del ganado. IDIAP. <http://www.idiap.gob.pa/download/uso-del-ensilaje-de-maiz-y-cana-de-azucar-para-la-alimentacion-del-ganado/>
- Hiriart, L. M., (1998).** Ensilados: Procesamiento y calidad. México: Trillas pp.94.
- Kiesselbach, T.A. (1949).** The Structure and Reproduction of Com. Research bulletin: Bulletin of the Agricultural Experiment Station of Nebraska 161.
- Kramer, C.Y. (1956).** Extension of multiple range tests to group means with unequal numbers of replications. Biometrics, 12, 307-310.
- Laboratorio de Suelos y afines de la FCA. (2022).** Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Panamá. Sede-Campus.
- Lafitte, H.R. (1994).** Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de Campo. México D.F. CIMMYT. 122 p. <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/727/43157.pdf?sequence=1&isAllowed=>
- Listman, G.M. y Estrada, F.P., (1992).** Mexican prize for the giant maize of Jala: source of community pride and genetic resources conservation. Diversity 8: 14-15.
- Llanos, M. (1984).** El Maíz. Su cultivo y Aprovechamiento. Ediciones Mundi Prensa. Madrid España. 318 p.
- Mancipe-Muñoz, E. A., Castillo-Sierra, J., Vargas-Martinez, J. D. J., & Avellaneda-Avellaneda, Y. (2022).** Calidad composicional del ensilaje de

tres cultivares de maíz (*Zea mays*) del trópico alto colombiano. *Agronomy Mesoamerican*, 46412-46412.

MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario), (2020). Serie histórica de los rubros agrícolas 1990-2020. https://www.mida.gob.pa/direcciones/direcciones_nacionales/direcci-n-de-agricultura/seriehist-rica-1990-2020.html

Muñoz Hinrichsen, A. (2020). Hablemos de ensilaje de maíz. Su importancia como recurso forrajero & la relevancia del monitoreo periódico. *Revista Infortambo Lechería Chile*. Edición 202, 34-38. bit.ly/3gPosBZ

Name, B. y Cordero, A. (1987). Recomendaciones para la fertilización de suelos: Hojas guías por cultivo. En *Compendio de los resultados de Investigación presentados en la Jornada Científica*. IDIAP. Panamá. 22 p.

Núñez Hernández, G., Faz Contreras, R., González Castañeda, F., & Peña Ramos, A. (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. ISSN: 0040-1889. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61343107>

Ortigoza, J., López, C., y Jorge, G. (2019). Guía técnica cultivo de maíz. JICA. https://www.jica.go.jp/Resource/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_04.pdf

R Core Team. (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Reyes, N., Mendieta, B., Fariñas, T., Mena, M., Cardona, J., & Pezo Quevedo, D. (2013). Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino. CATIE, Turrialba. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7886>

- Ruiz, O., Beltrán, R., Salvador, F., Rubio, H., Grado, A., & Castillo, Y. (2006).** Valor nutritivo y rendimiento forrajero de híbridos de maíz para ensilaje. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 40 (1),91-96. ISSN: 0034-7485. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017708013>
- Salazar E, JA, (2011).** Influencia de la variedad y altura de cosecha sobre el rendimiento y valor nutritivo de maíz para ensilaje. Agronomía Costarricense, 35 (2),105-111.ISSN: 0377-9424. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43622356009>
- Sánchez-Hernández, M. A., Aguilar-Martínez, C. U., Valenzuela-Jiménez, N., Sánchez-Hernández, C., Jiménez-Rojas, M. C., Villanueva-Verduzco, C. (2011).** Densidad de Siembra y Crecimiento de Maíces Forrajeros. Agronomía Mesoamericana. 22(2), 281-295. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43722407005>
- SAS Institute Inc. (2018).** SAS® Studio 3.8: Task Reference Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. <https://documentation.sas.com/api/docsets/webeditorug/3.8/content/webeditorug.pdf?locale=en>
- Secretaría Agricultura y Desarrollo Rural. (2017).** “Somos gente de maíz y el maíz es de la gente”. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/somos-gente-de-maiz-y-el-maiz-es-de-la-gente>
- Serratos, J. (2009).** El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Researchgate.net. https://www.researchgate.net/publication/303571504_El_origen_y_la_diversidad_del_maiz_en_el_continente_americano/citations
- Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. (1965).** "An analysis of variance test for normality (complete samples)". Biometrika. 52(3-4), 591-611.

Trujillo, A. I. 2012. Valor nutritivo de las pasturas. <http://prodanimal.fagro.edu.uy>

Wilcox C , F. E., y Rivera S. , J. A. (2023). Evaluación de rendimiento en biomasa de cuatro cultivares de maíz: caso de la cuenca baja del río Purio, provincia de Los Santos, año 2021. *Tecnociencia*, 25(2), 81–104. <https://doi.org/10.48204/j.tecno.v25n2.a4066>

ANEXOS

Anexo N°1. Delimitando las parcelas donde se realizó el ensayo.



Anexo N°2. Reconocimiento donde se iba a establecer el ensayo



Anexo N°3. Día de siembra de los cultivos de maíz.



Anexo N°4. Semillas de los 4 tipos de maíz a utilizar para el ensayo



Anexo N°5. Realizando la siembra del maíz



Anexo N°6. Supervisión de la Ing. Ana Rodríguez en el sistema de siembra utilizado



Anexo N°7. Germinación de las semillas luego de 6 días de la siembra.



Anexo N°8. Parcelas a 15 días postsiembra.



Anexo N°9. Observación de los bloques del ensayo post siembra



Anexo N°10. Crecimiento de las plantas de maíz a los 15 días de siembra.



Anexo N°11. Observación del crecimiento de los cultivos de maíz a los 25 días postsiembra.



Anexo N°12. Primera fertilización con Urea, colocándola de forma fraccionada en partes iguales a los 21 dds .



Anexo N°13. Inspección de la incidencia de plagas en las plantas de maíz



Anexo N°14. Segunda fertilización con Urea colocándola de forma fraccionada en partes iguales a los 33 dds. a razón de 181.8 kg/ha



Anexo N°15. Cosecha de los 4 cultivos de maíz a los 48 días de edad.



Anexo N°16. Corte del material vegetal de los 4 cultivares de maíz y su pesaje



Anexo N°17. Corte de la muestra representativa de hojas y tallo para analizar en el laboratorio de suelos y nutrición de la Facultad de Ciencias Agropecuaria y Rotulo de las bolsas con los pesos.



Anexo N°18. Pesaje de los 2 gramos a incinerar de muestra vegetal previamente molida y secada a 105°.



Anexo N°19. Realización de la extracción de ceniza en caliente con HCL 1:1.



Anexo N°20. Procedimiento para realizar la espectrometría de absorción atómica para obtener los análisis de Ca, K.



Anexo N°21. Aforo del matraz volumétrico de 50 ml de agua destilada para análisis de Fósforo.



Anexo N°22. Adición de solución de 10 ml de molibdo – vanadato de amonio a la muestra.



Anexo N°23. Tubos de ensayos donde posteriormente se realizó la lectura de la absorbancia a los 470 nm en el espectrofotómetro de marca Shimatzu. Para el análisis de Fósforo.

Anexo N°24. Realización del análisis de fibra cruda, procedimiento que está basado en la digestión de la muestra en soluciones ácidas y básicas.



Anexo N°25. Procedimiento del análisis de proteína. Imagen #1: Colocación de los tubos en el digestor por 45 minutos. Imagen #2: Titulación del destilado con HCL hasta lograr la coloración morada. Imagen #3: Lectura del contenido de nitrógeno en muestra a través de la metodología Kjeldahl.

