

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



**T E S I S**

**Características agronómicas y productivas de pasto Cuba OM-22 con diversos tipos de fertilizantes en diferentes edades de corte en Oxapampa – Pasco**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Zootecnista**

**Autores:**

**Bach. Belki Tatiana VERDE FIGUEROA**

**Bach. Yara Taiz QUISPE FIGUEROA**

**Asesor:**

**Dr. Alfredo Rubén BERNAL MARCELO**

**Oxapampa – Perú – 2026**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



**T E S I S**

**Características agronómicas y productivas de pasto Cuba OM-22 con diversos tipos de fertilizantes en diferentes edades de corte en Oxapampa – Pasco**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**MSc. Gilmar Hugo LOPEZ ALEGRE**  
**PRESIDENTE**

---

**Ph.D. Anibal Raul RODRIGUEZ VARGAS**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Esteban Luis NAVARRO ESPINOZA**  
**MIEMBRO**



**Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Unidad de Investigación**

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 006-2026/UIFCCAA/V**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por  
**VERDE FIGUEROA, Belki Tatiana**  
**QUISPE FIGUEROA, Yara Taiz**

Escuela de Formación Profesional  
**Zootecnia - Oxapampa**

Tipo de trabajo

**Tesis**

**Características agronómicas y productivas de pasto Cuba OM-22 con diversos tipos de fertilizantes en diferentes edades de corte en Oxapampa – Pasco**

Asesor

**Dr. BERNAL MARCELO, Alfredo Rubén**

Índice de similitud

**10 %**

Calificativo

**APROBADO**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 29 de enero de 2026



Firmado digitalmente por PONCE ROSAS, Fortunato Cardeleano FAU  
20254605046.pdf  
Módulo: Soy el autor del documento  
Fecha: 29.01.2026 11:34:34 -05:00

Firma Digital  
Director UIFCCAA

## **DEDICATORIA**

A Dios, fuente de toda luz y amor, cuyo eterno cuidado nos guía y sostiene en cada paso de nuestra vida.

Hoy he logrado un sueño para a ti y por ti, mi amado hijo. Tú que eres mi fuerza para seguir adelante y convertirme en una mejor madre cada día. Te amo con todo mi corazón, Eithan.

Bach. Belki Tatiana VERDE FIGUEROA

Dedico esta tesis a dos personas extraordinarias en mi vida: a la reina de mi corazón y a mi angelito en el cielo. Su amor incondicional siempre ha sido mi inspiración. Aunque mi angelito ya no esté físicamente presente, su recuerdo y su amor perdurarán eternamente en mi corazón. A mi querida mamita, quien ha sido mi mayor fuente de apoyo a lo largo de este viaje académico. Sin su sacrificio y aliento constante, este logro no habría sido posible. Agradezco profundamente por creer en mí.

Bach. Yara Taiz QUISPE FIGUEROA

## **AGRADECIMIENTO**

A los Docentes de la EFP Zootecnia Oxapampa, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por las enseñanzas impartidas durante nuestra vida estudiantil y formación profesional.

Al Dr. Alfredo Rubén Bernal Marcelo, por el asesoramiento constante y oportuno de la tesis.

Al Instituto de Investigación Especializada en Ganadería Oxapampa (INIGOX) de la UNDAC, por haber facilitado el uso del Centro de Investigación y Estudios de Transferencia Tecnológica (CIETT) Peñaflores para el desarrollo del presente trabajo de tesis.

## RESUMEN

La investigación se realizó en el Centro de Investigación de Peñaflores, Oxapampa - Pasco, con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico y productivo del pasto Cuba OM-22 bajo diferentes tipos de fertilización y edades de corte. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial  $4 \times 3$ , que incluyó cuatro fertilizantes y tres edades de corte, en una superficie experimental de 240 m<sup>2</sup>. Los resultados mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en altura de planta, número de hojas y tallos, peso de tallo y hoja, relación hoja:tallo y rendimiento, atribuibles al tipo de fertilización y a la edad de corte. La fertilización comercial a los 90 días (F1E3) presentó el mejor desempeño agronómico y productivo, con valores superiores de altura de planta ( $119 \pm 1.0$  cm), número de hojas ( $49.67 \pm 2.08$ ), número de tallos ( $13.33 \pm 0.58$ ), peso de tallo ( $1.84 \pm 0.04$  kg) y peso de hoja ( $1.12 \pm 0.02$  kg), además de los mayores rendimientos de materia verde ( $4.03 \pm 0.10$  kg/m<sup>2</sup>) y materia seca ( $1.03 \pm 0.03$  kg/m<sup>2</sup>), mientras que el tratamiento con estiércol a los 60 días (F2E1) registró los valores más bajos. La relación hoja:tallo fue mayor en edades tempranas de corte ( $0.58 \pm 0.02$ ), evidenciando una mayor proporción foliar, aunque con menor biomasa total. En conclusión, la interacción entre fertilización comercial y edad de corte a los 90 días optimiza el crecimiento y la productividad del pasto Cuba OM-22 en las condiciones agroecológicas de Oxapampa, constituyéndose en una alternativa eficiente para sistemas de producción forrajera orientados a maximizar la producción de materia seca.

**Palabras clave:** pasto Cuba OM-22, fertilizantes, edades de corte, agronomía, productividad.

## ABSTRACT

The research was conducted at the Peñaflores Research Center, Oxapampa - Pasco, with the objective of evaluating the agronomic and productive performance of Cuba OM-22 grass under different fertilization types and cutting ages. A Completely Randomized Design (CRD) with a  $4 \times 3$  factorial arrangement was used, including four fertilizers and three cutting ages, in an experimental area of 240 m<sup>2</sup>. The results showed significant differences ( $p < 0.05$ ) in plant height, number of leaves and stems, stem and leaf weight, leaf-to-stem ratio, and yield, attributable to the fertilization type and cutting age. Commercial fertilization at 90 days (F1E3) showed the best agronomic and productive performance, with higher values of plant height ( $119 \pm 1.0$  cm), number of leaves ( $49.67 \pm 2.08$ ), number of stems ( $13.33 \pm 0.58$ ), stem weight ( $1.84 \pm 0.04$  kg) and leaf weight ( $1.12 \pm 0.02$  kg), in addition to the highest yields of green matter ( $4.03 \pm 0.10$  kg/m<sup>2</sup>) and dry matter ( $1.03 \pm 0.03$  kg/m<sup>2</sup>), while the treatment with manure at 60 days (F2E1) recorded the lowest values. The leaf-to-stem ratio was higher at earlier cutting ages ( $0.58 \pm 0.02$ ), indicating a greater proportion of leaves, although with lower total biomass. In conclusion, the interaction between commercial fertilization and cutting age at 90 days optimizes the growth and productivity of Cuba OM-22 grass under the agroecological conditions of Oxapampa, making it an efficient alternative for forage production systems aimed at maximizing dry matter production.

**Keywords:** Cuba OM-22 grass, fertilizers, cutting ages, agronomy, productivity.

## INTRODUCCIÓN

La ganadería constituye una actividad clave dentro de los sistemas agrícolas, al contribuir a la producción de alimentos de origen animal y al uso eficiente de los recursos naturales disponibles. En este contexto, la disponibilidad de forraje de calidad es un factor determinante para el desempeño productivo del ganado, ya que influye directamente en la eficiencia biológica de los sistemas pecuarios. La elección de especies forrajeras adaptadas y la aplicación de prácticas agronómicas adecuadas, particularmente en lo referido a la fertilización y la edad de corte, permiten incrementar la producción de biomasa y mejorar el aprovechamiento de los insumos, aspectos fundamentales para la toma de decisiones en los sistemas ganaderos.

El pasto Cuba OM-22, híbrido forrajero obtenido del cruce entre *Pennisetum purpureum* y *Pennisetum glaucum*, ha despertado interés por su alta capacidad de adaptación, elevado rendimiento forrajero y adecuada calidad nutricional en condiciones tropicales. Sin embargo, la expresión de su potencial productivo depende en gran medida del manejo agronómico, siendo la fertilización y la edad de corte factores que influyen de manera directa sobre sus características morfológicas, productivas y la acumulación de biomasa.

En la provincia de Oxapampa, Pasco, donde la ganadería representa una actividad económica relevante, la optimización de la producción forrajera adquiere especial importancia, debido a la presencia de condiciones edafoclimáticas particulares, como suelos ácidos y limitaciones nutricionales, que pueden restringir el crecimiento de los pastos. En este sentido, resulta necesario generar información técnica local que permita evaluar el comportamiento agronómico y productivo del pasto Cuba OM-22 bajo diferentes tipos de fertilización y edades de corte.

Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de distintos tipos de fertilizantes y edades de corte sobre las características agronómicas y productivas del pasto

Cuba OM-22 en Oxapampa, Pasco, con la finalidad de aportar bases técnicas que orienten el manejo forrajero y contribuyan al fortalecimiento de los sistemas ganaderos de la región.

# ÍNDICE

**Página.**

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

INDICE DE GRÁFICOS

## CAPITULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.	Identificación y determinación del problema .....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	4
1.3.	Formulación del problema .....	4
1.3.1.	Problema general .....	4
1.3.2.	Problemas específicos .....	4
1.4.	Formulación de objetivos.....	4
1.4.1.	Objetivo general.....	4
1.4.2.	Objetivos específicos .....	4
1.5.	Justificación de la investigación .....	5
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	6

CAPITULO II  
MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes del estudio.....	8
2.1.1.	Altura de la planta, número de hojas, número de tallos y área foliar .....	8
2.1.2.	Rendimiento de biomasa.....	10
2.1.3.	Biomasa Seca .....	12
2.2.	Bases teóricas - científicas .....	12
2.2.1.	Origen, características taxonómicas, morfológicas y productivas de Cuba OM-22.....	12
2.2.2.	Características Taxonómicas (Martínez, 2009). .....	13
2.2.3.	Característica morfológica y productiva.....	14
2.2.4.	Ventaja del Pasto.....	14
2.2.5.	Demanda del pasto por ganaderos .....	15
2.2.6.	Calidad nutricional del forraje .....	16
2.2.7.	Concentración de nutrientes.....	16
2.2.8.	Comportamiento agrobotánico del género <i>Pennisetum</i> .....	18
2.2.9.	La fertilización .....	20
2.3.	Definición de términos básicos .....	21
2.4.	Formulación de hipótesis .....	22
2.4.1.	Hipótesis general.....	22
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	22
2.5.	Identificación de variables .....	23
2.5.1.	Variable Independiente: .....	23
2.5.2.	Variable Dependiente: .....	24
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores .....	24

2.6.1. Sistema de variables e indicadores .....	24
2.6.2. Esquema del sistema de variables e indicadores.....	24

### CAPITULO III

#### METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	26
3.2. Nivel de investigación.....	26
3.3. Métodos de investigación .....	27
3.4. Diseño de investigación .....	30
3.5. Población y muestra.....	31
3.5.1. Población.....	31
3.5.2. Muestra .....	32
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	33
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	33
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	33
3.9. Tratamiento estadístico .....	34
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.....	35

### CAPITULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	36
4.1.1. Para la evaluación del comportamiento agronómico.....	36
4.1.2. Para el comportamiento productivo.....	37
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	38
4.2.1. Para la evaluación del comportamiento agronómico.....	38
4.2.2. Peso del tallo (kg) .....	40
4.2.3. Para el comportamiento productivo.....	42

4.2.4. Rendimiento de materia seca (kg/m <sup>2</sup> ) .....	43
4.3. Prueba de hipótesis .....	44
4.3.1. Para la evaluación del comportamiento agronómico. ....	44
4.3.2. Para el comportamiento productivo. ....	57
4.4. Discusión de resultados.....	62
4.4.1. Para la evaluación del comportamiento agronómico. ....	62
4.4.2. Para el comportamiento productivo. ....	66

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página.</b>
<b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables .....	25
<b>Tabla 2</b> Análisis de suelo de fundo Peñaflor de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. ....	28
<b>Tabla 3</b> Prueba de Tukey para altura de planta. ....	45
<b>Tabla 4</b> Prueba de Tukey para interacción para altura de planta. ....	46
<b>Tabla 5</b> Prueba de Tukey para número de hojas, tipos de fertilizantes y edad de corte. ....	47
<b>Tabla 6</b> Prueba de Tukey para número de hojas para interacción (tipos de fertilizantes/ edad de corte). ....	48
<b>Tabla 7</b> Prueba de Tukey para número de tallos, por tipos de fertilizantes y edad de corte. ...	49
<b>Tabla 8</b> Prueba de Tukey para número de tallos (tipos de fertilizantes/ edad de corte). ....	50
<b>Tabla 9</b> Prueba de Tukey para peso de tallo, por tipos de fertilizantes y edad de corte. ....	52
<b>Tabla 10</b> Prueba de Tukey para peso de tallo (tipos de fertilizantes/ edad de corte). ....	53
<b>Tabla 11</b> Prueba de Tukey para peso de hoja, por tipos de fertilizantes y edad de corte. ....	54
<b>Tabla 12</b> Prueba de Tukey para peso de tallo, (tipos de fertilizantes/ edad de corte). ....	55
<b>Tabla 13</b> Prueba de Tukey para relación hoja: tallo, por tipos de fertilizantes y edad de corte. ....	56
<b>Tabla 14</b> Prueba de Tukey para relación hoja: tallo, (tipos de fertilizantes/ edad de corte). ...	57
<b>Tabla 15</b> Prueba de Tukey para materia verde, por tipos de fertilizantes y edad de corte. ....	58
<b>Tabla 16</b> Prueba de Tukey para materia verde, (tipos de fertilizantes/ edad de corte). ....	59
<b>Tabla 17</b> Prueba de Tukey para materia seca, por tipos de fertilizantes y edad de corte. ....	60
<b>Tabla 18</b> Prueba de Tukey para materia seca, (tipos de fertilizantes/ edad de corte). ....	61

## INDICE DE GRÁFICOS

	<b>Página.</b>
<b>Gráfico 1</b> Altura de la planta (cm) .....	38
<b>Gráfico 2</b> Número de hojas (Nº) .....	39
<b>Gráfico 3</b> Número de tallos .....	39
<b>Gráfico 4</b> Peso del tallo (kg) .....	40
<b>Gráfico 5</b> Peso de la hoja (kg).....	41
<b>Gráfico 6</b> Relación hoja: tallo .....	42
<b>Gráfico 7</b> Rendimiento de materia verde (kg/m <sup>2</sup> ).....	43
<b>Gráfico 8</b> Rendimiento de materia seca (kg/m <sup>2</sup> ).....	44

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

La producción animal en los trópicos de América Latina enfrenta limitaciones estructurales persistentes, asociadas principalmente a la insuficiente disponibilidad y baja calidad de los forrajes, en especial en regiones caracterizadas por suelos de baja fertilidad natural y marcada estacionalidad climática, con periodos prolongados de sequía (Murgueitio Rosales y Gómez, 2023). Estas condiciones restringen la capacidad de los sistemas pecuarios para sostener niveles adecuados de productividad, comprometiendo la eficiencia biológica, la estabilidad productiva y la sostenibilidad económica de las unidades ganaderas.

Este problema se manifiesta de manera evidente en el valle de Oxapampa, Pasco, donde, pese a su reconocido potencial agroecológico, los sistemas ganaderos presentan limitaciones vinculadas a la variabilidad climática, el manejo inadecuado de los pastizales y la baja persistencia productiva de las especies forrajeras predominantes. La dependencia de forrajes tradicionales, con rendimientos irregulares y calidad nutricional variable, se traduce en déficits alimenticios estacionales que afectan el

desempeño productivo del ganado, particularmente en sistemas de pequeña y mediana escala. En este contexto, resulta prioritario identificar alternativas forrajeras que permitan incrementar de manera sostenible la oferta de biomasa, mejorar el valor nutricional de la dieta animal y contribuir a la conservación y recuperación de los suelos, mediante prácticas de manejo agronómico adaptadas a las condiciones locales (Desouza, 2007).

En este marco, los pastos del género *Pennisetum*, especialmente los híbridos Cuba CT-115, Cuba CT-169 y Cuba OM-22, han cobrado relevancia por su elevado potencial productivo, buena digestibilidad y adecuado contenido proteico (Martínez y Herrera, 2005). Entre ellos, el híbrido Cuba OM-22 destaca por su rápido crecimiento, alta densidad de tallos, hojas anchas y notable capacidad de adaptación a variaciones ambientales, características que lo posicionan como una alternativa estratégica para sistemas ganaderos tropicales, incluidos aquellos del valle de Oxapampa (Martínez et al., 2010; Martínez y González, 2017). Asimismo, presenta atributos morfológicos favorables para su manejo, como tallos y hojas lisos, ausencia de vellosidades y crecimiento erecto y macollante, lo que facilita el corte manual y reduce riesgos operativos en unidades productivas de pequeña y mediana escala. No obstante, su elevada acumulación de biomasa desde edades tempranas puede provocar el doblamiento del follaje, alcanzando alturas de 1,5 a 1,8 m, situación que exige un manejo adecuado para evitar pérdidas de calidad forrajera.

Evaluaciones comparativas realizadas por Martínez et al. (2010) evidenciaron que el Cuba OM-22 presenta una mayor proporción de hojas en relación con otros genotipos de *Pennisetum*, atributo clave para maximizar el aporte de nutrientes digestibles en la dieta del ganado. Estos autores señalan que la cosecha entre los 42 y 70 días de rebrote permite alcanzar un balance entre valor nutritivo y producción de

biomasa, destacándose el intervalo cercano a los 42 días por su mayor calidad nutricional y el entorno de los 70 días por su mayor rendimiento forrajero. La ausencia de vellosidades en las hojas constituye, además, una ventaja relevante en sistemas tradicionales basados en corte manual, al reducir la irritación tanto en los animales como en los operarios.

Desde una perspectiva productiva, diversos estudios han demostrado el aporte estratégico de los Pennisetum cubanos en sistemas ganaderos intensivos. Martínez y Herrera (2005) reportaron que la sustitución del 30 % del área de pastoreo por Cuba CT-115 en una unidad lechera permitió disponer de reservas forrajeras suficientes para alimentar 138 vacas (1,2 vacas/UA) durante toda la estación seca, evidenciando el potencial de estos híbridos para incrementar la disponibilidad de forraje y mitigar los efectos negativos de la estacionalidad climática sobre la producción animal.

Sin embargo, a pesar del reconocido potencial agronómico y productivo del pasto Cuba OM-22, en el valle de Oxapampa persisten vacíos de información técnica relacionados con la optimización de prácticas de manejo agronómico fundamentales, particularmente en lo referente al tipo de fertilización y la edad de corte bajo condiciones edafoclimáticas locales. La variabilidad climática y la limitada fertilidad de los suelos continúan siendo factores restrictivos que condicionan la respuesta productiva del cultivo, y la ausencia de estudios específicos para la zona limita la formulación de recomendaciones técnicas precisas. En este sentido, resulta necesario evaluar de manera sistemática la interacción entre fertilización y edad de corte en el pasto Cuba OM-22, con el propósito de generar evidencia científica que permita optimizar su manejo y contribuir al fortalecimiento sostenible de los sistemas ganaderos del valle de Oxapampa, Pasco.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

**Delimitación espacial**, el ámbito en el cual se desarrolló la investigación comprende el Centro de Investigación y Estudios de Transferencia Tecnológica - CIETT Peñaflores, de la UNDAC, Filial Oxapampa, en pasto Cuba OM-22, instaladas recientemente.

**Delimitación temporal**, el período que comprende el estudio abarcará desde junio a diciembre del 2022.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿Cuál es el comportamiento agronómico y productivo de Cuba OM-22 con diversos tipos de fertilizantes en diferentes edades de corte en Oxapampa – Pasco?

### **1.3.2. Problemas específicos**

PE1 ¿Cuál es el comportamiento agronómico de Cuba OM-22 con diversos tipos de fertilizantes en diferentes edades de corte en Oxapampa – Pasco?

PE2 ¿Cuál es el comportamiento productivo de Cuba OM-22 con diversos tipos de fertilizantes en diferentes edades de corte en Oxapampa – Pasco?

## **1.4. Formulación de objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar el comportamiento agronómico y productivo de Cuba OM-22 con diversos tipos de fertilizantes en diferentes edades de corte en Oxapampa – Pasco.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

**OE1.** Evaluar el comportamiento agronómico de Cuba OM-22 con diversos tipos de fertilizantes en diferentes edades de corte en Oxapampa – Pasco.

**OE1.** Evaluar el comportamiento productivo de Cuba OM-22 con diversos tipos de fertilizantes en diferentes edades de corte en Oxapampa – Pasco.

## 1.5. Justificación de la investigación

**Justificación teórica,** La presente investigación es relevante desde el punto de vista científico porque genera información técnica local sobre el comportamiento agronómico y productivo del pasto Cuba OM-22 en función del tipo de fertilización y la edad de corte, bajo las condiciones edafoclimáticas de Oxapampa, Pasco. Si bien este híbrido forrajero viene siendo incorporado de manera creciente en sistemas ganaderos tropicales, la evidencia científica disponible se basa principalmente en estudios realizados en otros contextos ecológicos, lo que limita la transferencia directa de sus resultados. En ese sentido, el estudio contribuye a ampliar el conocimiento sobre la respuesta del Cuba OM-22 a prácticas de manejo específicas, fortaleciendo la base científica para su evaluación y comparación en sistemas forrajeros de la región andina tropical.

**Justificación práctica,** desde una perspectiva aplicada, la investigación aporta información útil para la toma de decisiones de los ganaderos de Oxapampa, al identificar combinaciones de fertilización y edad de corte que permiten mejorar la producción y el aprovechamiento del forraje. El estudio emplea variables agronómicas y productivas de fácil medición en campo, lo que facilita la comprensión y posible adopción de los resultados por parte de productores y técnicos locales. De este modo, los hallazgos pueden contribuir a un manejo más eficiente del recurso forrajero, orientado a asegurar una oferta más estable de alimento para el ganado, especialmente en periodos de menor disponibilidad de pastos.

**Justificación metodológica,** la investigación utiliza un diseño experimental y un enfoque estadístico adecuados para evaluar de manera objetiva la respuesta del pasto Cuba OM-22 a diferentes tratamientos agronómicos. La aplicación de un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial permite analizar de forma integrada los

efectos del tipo de fertilización y la edad de corte, generando resultados confiables y reproducibles. Asimismo, los procedimientos de medición y análisis empleados pueden servir como referencia metodológica para futuros estudios sobre forrajes en condiciones similares, contribuyendo a la estandarización de evaluaciones agronómicas en la región.

**Justificación social,** el estudio tiene relevancia social al responder a una necesidad concreta de los ganaderos de Oxapampa, quienes enfrentan limitaciones en la disponibilidad y calidad del forraje debido a condiciones edafoclimáticas variables. Al generar información técnica local sobre el manejo del pasto Cuba OM-22, la investigación puede apoyar procesos de mejora gradual de la productividad ganadera, mediante un uso más eficiente del forraje disponible. Esto puede traducirse en una mayor estabilidad en la alimentación del ganado y en el fortalecimiento de la sostenibilidad de los sistemas productivos familiares, contribuyendo indirectamente al bienestar de las familias rurales de la zona.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

La investigación presentó limitaciones derivadas de su diseño y de las condiciones operativas, las cuales ayudan a contextualizar los resultados obtenidos:

- **Evaluación en una sola época del año.** El estudio se realizó únicamente en una estación de crecimiento, debido a los altos costos económicos y logísticos de replicarlo en épocas contrastantes (lluvias y sequía). Esto redujo la posibilidad de extrapolar los resultados a distintas condiciones estacionales.
- **Duración limitada del ciclo experimental.** El trabajo abarcó un solo ciclo de rebrote, lo que impidió evaluar la persistencia y estabilidad productiva del híbrido a mediano y largo plazo.

- **Condiciones edafoclimáticas específicas.** Los resultados reflejaron el comportamiento del pasto en un sitio particular de Oxapampa, por lo que su aplicación a otras zonas requirió cautela.
- **Disponibilidad de insumos.** La evaluación de los fertilizantes se basó en los insumos disponibles localmente, limitando la comparación con otras formulaciones de mayor diversidad.
- **Restricciones financieras y operativas.** El presupuesto reducido no permitió incorporar variables adicionales, como análisis más profundos de suelo, parámetros fisiológicos o un mayor número de unidades experimentales.

Estas limitaciones no comprometieron la validez científica del estudio, pero sí acotaron el alcance de los resultados. Aun así, ofrecieron una base sólida para futuras investigaciones que consideren variabilidad estacional, evaluaciones multianuales y nuevas estrategias de manejo del híbrido Cuba OM-22.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del estudio**

##### **2.1.1. Altura de la planta, número de hojas, número de tallos y área foliar**

Vargas Rojas, J. C. & Carvajal Suárez, I. (2023) indican que, en la frecuencia de cosecha de 45 días después de la siembra, la altura no mostró diferencias significativas entre las distancias de siembra de 70 cm, 85 cm y 100 cm, con alturas de 1,83 m, 1.72 m y 1.69 m, respectivamente. Sin embargo, a los 70 días después de la siembra, se observó un aumento significativo ( $p < 0,0194$ ) en comparación con los 45 días. Se encontró que la distancia de 70 cm (2.69 m) presentó diferencias significativas con respecto a las distancias de 85 cm (2.23 m) y 100 cm (2.29 m), que no difieren entre sí.

Según Maldonado et al. (2019), menciona que la altura aumentó gradualmente a lo largo del periodo de evaluación, siendo menor a los 30 días de corte con 43 cm y alcanzando su máximo a los 110 días con 243 cm. Se observó un patrón similar en la radiación interceptada, con un aumento notable del 35% al 95% entre los días 30 y 70, seguido de una disminución hasta el 98% a los 110 días después del corte.

Según Martínez et al. (2009), los tallos se caracterizan por su baja estatura durante el período seco, llegando a medir 85 cm a los 90 días. Por otro lado, Pastrana y Alonso (2015) informaron alturas de planta en diferentes días de corte, con mediciones que oscilan entre 2.57 m y 3.93 m. Además, Morocho (2020) sugiere realizar el corte a los 60 días para obtener una mayor altura de planta, alcanzando los 2.42 m.

Jara (2023), encontró diferencias estadísticamente significativas en la altura de las plantas entre los diferentes períodos de corte. La máxima altura se registró a los 120 días, con un promedio de 1.3 metros, mientras que a los 30 días fue de 0.5 metros. También se observó un mayor número de hojas a los 120 días, con un promedio de 141, en comparación con las 78.1 hojas promedio a los 30 días. En cuanto al número de tallos, se registró un máximo de 18 a los 120 días, seguido de 17 a los 60 días y un mínimo de 8 a los 30 días.

Respecto al peso de las hojas, se encontraron diferencias altamente significativas, siendo el mayor peso observado a los 120 días con 585 gramos, seguido de 497.6 gramos a los 60 días y 209.6 gramos a los 30 días. En cuanto al peso de los tallos del pasto Cuba OM 22, se observó un máximo de 457 gramos a los 120 días, seguido de 261.8 gramos a los 60 días y un mínimo de 105.3 gramos a los 30 días.

A pesar de no detectarse diferencias estadísticas en la relación hojas:tallos, se observó una tendencia a disminuir con la edad de corte, con valores de 2 a los 30 días y 1.4 a los 120 días.

Según Maldonado et al. (2019), la altura de las plantas aumentó progresivamente a medida que avanzó el período de evaluación. Se registró la menor altura a los 30 días después del corte, con 43 cm, mientras que alcanzó su máximo a los 110 días, con 243 cm ( $P \leq 0.05$ ). Se observó un patrón similar en la radiación

interceptada, con un aumento drástico del 35% al 95% entre los días 30 y 70, seguido de un descenso hasta el 98% a los 110 días después del corte ( $P \leq 0.05$ ).

### **2.1.2. Rendimiento de biomasa**

El rendimiento total de biomasa mostró un incremento progresivo conforme aumentó la edad de corte, registrándose una acumulación de 22 000 kg MS ha<sup>-1</sup> entre los 30 y 90 días ( $P \leq 0,05$ ). Posteriormente, se evidenció un crecimiento más acelerado entre los 90 y 110 días, alcanzando 38 600 kg MS ha<sup>-1</sup>, lo que indica una mayor acumulación de biomasa estructural en etapas avanzadas del rebrote. Este comportamiento refleja la transición fisiológica de la planta hacia una mayor elongación y engrosamiento de tallos, característica común en gramíneas tropicales de alto porte (Maldonado *et al.*, 2019).

En relación con los componentes morfológicos, la producción de hoja fue superior a la del tallo durante los estadios tempranos e intermedios (30–70 días), con valores de 6 600 kg MS ha<sup>-1</sup> frente a 4 300 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente ( $P \leq 0,05$ ). Sin embargo, a partir de los 90 días se observó un cambio en la distribución de biomasa, donde el tallo superó a la hoja, alcanzando 15 100 kg MS ha<sup>-1</sup> ( $P \leq 0,05$ ), evidenciando el proceso de lignificación asociado al envejecimiento del tejido vegetal. La acumulación de material senescente fue reducida durante todo el periodo evaluado, con valores cercanos a 910 kg MS ha<sup>-1</sup> en los estadios finales, lo que sugiere una adecuada persistencia foliar del cultivo. El comportamiento del rendimiento total se ajustó a una curva sigmoidea, con un coeficiente de determinación  $r^2 = 0,98$ , indicando una elevada consistencia del modelo de crecimiento (Maldonado *et al.*, 2019).

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Jara Rachel (2023), quien registró una mayor producción de forraje verde a los 120 días, alcanzando 62,52 t ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>, mientras que la producción de materia seca fue superior en este mismo estadio

(14,19 t ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>), a pesar de que el contenido de materia seca no presentó diferencias significativas entre los 30 y 120 días (19,51–22,7 %). Esta tendencia confirma que el incremento del rendimiento total está más asociado al aumento de biomasa estructural que a variaciones en el contenido de materia seca.

De manera consistente, Torres y Villacrés (2017) señalaron que en gramíneas tropicales del género *Pennisetum* la acumulación de biomasa se incrementa de forma sostenida hasta edades cercanas a los 100–120 días, debido a una combinación de expansión foliar inicial y posterior elongación de tallos, proceso que favorece mayores rendimientos de materia seca, aunque con una reducción gradual en la proporción hoja:tallo. En la misma línea, Martínez *et al.* (2021) indicaron que los híbridos de *Pennisetum* presentan una fase de crecimiento exponencial hasta aproximadamente los 90–100 días, seguida de una etapa de desaceleración asociada al aumento de lignificación y a la disminución de la eficiencia fotosintética.

Asimismo, Gómez y Rodríguez (2018) reportaron producciones superiores de biomasa en gramíneas tropicales entre los 90 y 120 días, con valores que oscilaron entre 35 y 40 t MS ha<sup>-1</sup>, mientras que Cruz *et al.* (2020) confirmaron que la acumulación de biomasa en híbridos de *Pennisetum* aumenta de forma exponencial hasta cerca de los 100 días, momento a partir del cual se inicia una reducción progresiva en la eficiencia de conversión fotosintética debido al envejecimiento del tejido vegetal.

En conjunto, la evidencia científica confirma que el rendimiento de biomasa en híbridos de *Pennisetum* está fuertemente condicionado por la edad de corte, observándose un incremento sostenido de la producción total de materia seca en estadios avanzados de rebrote, aunque acompañado de cambios morfoestructurales que deben ser considerados al definir estrategias de manejo orientadas al equilibrio entre cantidad y calidad del forraje.

### **2.1.3. Biomasa Seca**

El rendimiento de biomasa seca mostró una tendencia paralela al comportamiento del forraje verde. Andino y Pérez (2012) reportaron un incremento sostenido desde 256 kg MS ha<sup>-1</sup> a los 15 días hasta 26,378 kg MS ha<sup>-1</sup> a los 75 días de rebrote, equivalente a un aumento del 97% respecto al primer corte. Este patrón se asocia a la mayor acumulación de carbohidratos estructurales conforme avanza la madurez fisiológica.

Hallazgos similares fueron reportados por Torres y Villacrés (2017), quienes observaron incrementos de materia seca de 300 kg MS ha<sup>-1</sup> a más de 25 t MS ha<sup>-1</sup> entre los 20 y 80 días de rebrote en híbridos forrajeros de *Pennisetum*, destacando que la tasa de crecimiento máximo se produce entre los 45 y 60 días. Por otro lado, Martínez et al. (2021) demostraron que la biomasa seca de pastos megatérmicos puede duplicarse entre los 60 y 90 días, alcanzando valores cercanos a 30 t MS ha<sup>-1</sup> bajo condiciones de fertilización nitrogenada moderada.

Estos resultados permiten afirmar que la acumulación de materia seca en gramíneas tropicales sigue un patrón de crecimiento acelerado durante la fase vegetativa y disminuye gradualmente hacia la madurez, comportamiento consistente con el observado para Cuba OM-22.

## **2.2. Bases teóricas - científicas**

### **2.2.1. Origen, características taxonómicas, morfológicas y productivas de Cuba OM-22.**

#### **Origen**

Híbrido entre dos especies de *Pennisetum purpureum*. Como progenitor masculino se utilizó el *P. purpureum* Cuba CT-169 y como progenitor femenino el *P. glaucum* Tifton late seleccionado por el Dr. Gleen Burton de la estación de pastos y

forrajes de Tifton en la Universidad de Georgia, Estados Unidos. Este cultivar de millo perla se seleccionó como progenitor femenino por poseer un largo periodo de crecimiento en verano y alta talla, con abundante producción de forraje (Martínez, 2009).

El cruzamiento se hizo por polinización cruzada manual y la selección del híbrido Cuba OM-22 se hizo entre otros 340 individuos de este y otros cruces. En el cultivar OM-22 dominan las características de la especie *purpureum*; se reproduce por tallos maduros o fracciones de los mismos, los cuales se siembran sobre surcos de forma horizontal o inclinadas; se ha estimado que se puede llegar a obtener hasta una relación de 20 a 1 en cuanto a la producción de material vegetativo. Otra ventaja es que supera en el ancho y largo de la hoja a los progenitores masculino Cuba CT-169 y al King Grass, que son excelentes cultivares forrajeros de *Pennisetum purpureum* (Martínez, 2009)

### **2.2.2. Características Taxonómicas (Martínez, 2009).**

Origen: Cuba

Género: *Pennisetum*

Especie: sp. (*P. Purpureum* x *P. Thyphoides*)

Nombre científico: *Pennisetum*.

Nombre común: Cuba OM22

Adaptabilidad: hasta los 2800 msnm

Producción materia verde: 80-180 t/ha/año

Días de primer corte: 90

Días entre corte: 45 – 60.

### **2.2.3. Característica morfológica y productiva**

Su color predominante es el verde sólido, pero debido a que en su genética tiene el gen recesivo de color púrpura, no se descarta que pueda presentar vetas moradas o coloración púrpura (Hernández y Guenni, 2008).

Su crecimiento es erecto macollante pero su follaje se dobla desde edades muy tempranas debido a su abundante biomasa y alcanza una talla de 1,5 a 1,8 metros de altura. n Produce un abundante follaje desde su base y presenta tallos gruesos con muy buena digestibilidad. Contiene hojas muy anchas y al mes de sembrada ya brota con 8 a 10 hijos, su principal propiedad es la alta proporción de follaje (Rivera, 2017).

Su producción por unidad de área de cultivo o rendimiento de cosecha está tasada entre 70 y 180 toneladas de forraje fresco por hectárea, rango que varía según la región y época del año. n Produce elevados contenidos en proteína y azúcares. n Para su desarrollo requiere suelos drenados, ácidos y neutros. n Uno de las características más importantes que posee es que soporta períodos de sequía prolongados por la profundidad de sus raíces. n Soporta asociaciones con Leguminosas y forrajeras arbóreas (Hernández y Guenni, 2008).

### **2.2.4. Ventaja del Pasto**

Su principal ventaja productiva es el alto porcentaje de hojas dentro de la materia seca; el King Grass tiene 51 y 59 por ciento de hojas entre los 42 y 70 días de edad, el cultivar OM-22 reporta 59 y 67 por ciento en el mismo intervalo de edades. Las diferencias se acentúan durante el periodo poco lluvioso donde OM- 22 alcanza entre 74 y 80 por ciento de hojas en la materia seca a los 42 y 70 días de edad, mientras que a igual edad el King Grass tiene valores entre 61 y 67 por ciento (Hernández y Guenni, 2008).

Trece unidades porcentuales más de hojas en el periodo seco equivalen a valores proteicos y de digestibilidad superiores en el forraje cortado que llega al animal. Otra cualidad muy apreciada del OM-22 es la reducida presencia de pelos en las hojas por lo que es menos urticante en el corte a mano, característica muy apreciada por el pequeño productor (Martínez, 2009).

También es importante mencionar que al igual que los clones CT-115 y CT-169, el OM-22 tiene la característica de poseer un sistema radicular mucho más profundo que las otras especies de gramíneas de corte, el cual alcanza entre 40 y 50 cm, condición que le permite a la planta permanecer verde durante los primeros meses de la época seca (Rivera, 2017).

#### **2.2.5. Demanda del pasto por ganaderos**

El Cultivar OM-22 actualmente tiene una gran demanda por parte de los pequeños productores por sus buenas características para el corte y su alto rendimiento especialmente en la época seca. Se han obtenido producciones de 16 a 20 toneladas de MS/ha/año con mayor proporción de hojas. Es una buena opción para el engorde a corral en pequeñas fincas y para producción de forrajes para ensilajes a gran escala (Rivera, 2017).

Para su crecimiento, necesita suelos ligeramente ácidos a neutros; como característica importante, soporta periodos prolongados de sequía. Su crecimiento es erecto pero su follaje desde edad temprana se dobla debido a la abundante biomasa que produce; alcanza su estado de madurez fisiológica entre 35 y 45 días, llegando a la etapa de inflorescencia a los 70 días. El rango de producción de materia verde por corte varía entre 70 y 180 toneladas por hectárea, dependiendo de la época del año, la región y el tipo de suelo (Martínez, 2009).

### **2.2.6. Calidad nutricional del forraje**

Romero, N. *et. al.* (2004) menciona que todos los forrajes difieren en su capacidad de proveer los nutrientes necesarios para llevar a cabo las funciones corporales de mantenimiento, crecimiento y reproducción dependiendo de estos componentes (consumo voluntario, concentración de nutrientes y eficiencia con que los animales utilizan los nutrientes absorbidos para llevar a cabo sus funciones fisiológicas) los cuales deben considerarse en forma conjunta.

Hernández y Guenni (2008) mencionan que las pasturas tropicales tienen mayor capacidad de aprovechar la radiación solar; ante esto, alcanzan su máxima producción con la presencia de mayor área foliar, lo que permite la intercepción de niveles altos de intensidad lumínica. Además, estos autores señalan que las vitaminas compuestos orgánicos complejos, necesarios para los animales, que se encuentran en los alimentos.

Se clasifican en vitaminas liposolubles A, D, E y K, y las hidrosolubles, vitamina C y las ocho vitaminas del complejo B: tiamina, riboflavina, piridoxina, niacina, ácido fólico, biotina, ácido pantoténico y vitamina B12. Las vitaminas están íntimamente implicadas como coenzimas o cosustratos, o facilitan reacciones del metabolismo celular, la deficiencia en cualquier vitamina durante un tiempo suficiente, produce síntomas repetibles y puede conducir a la muerte. Los microorganismos del rumen de los animales rumiantes producen las vitaminas del complejo B y, por tanto, se presenta poca atención al contenido en vitaminas del grupo B en raciones. Sin embargo, las vitaminas liposolubles deben incluirse en la ración (Martínez, 2009).

### **2.2.7. Concentración de nutrientes.**

#### **a. Nitrógeno.**

El nitrógeno es considerado un nutriente regulador en las plantas, ya que interviene en la asimilación del potasio, del fósforo y de otros

elementos esenciales. A medida que la planta envejece, la relación hoja–tallo disminuye, lo que reduce su capacidad de absorción y aprovechamiento del nitrógeno. Este nutriente es utilizado por la planta principalmente en su forma mineral, proceso que ocurre con mayor rapidez cuando el suelo mantiene una humedad constante, ya que ello incrementa la porosidad y facilita su disponibilidad y absorción (Romero *et al.*, 2004).

**b. Fósforo.**

En términos generales, puede decirse que es un elemento regulador de la vegetación y, por tanto, un factor de calidad y que Favorece precisamente los periodos de vegetación que son críticos para el rendimiento de la planta: fecundación, maduración y movimiento de las reservas. Además, incrementa la eficiencia del uso del agua. Fisiológicamente este comportamiento es normal, el cual disminuye a medida que se incrementa la edad de rebrote y como resultado de un suelo con pocas cantidades de fósforo va a producir una planta con bajos contenidos del mismo, (Casanova *et al.*, 2006).

**c. Potasio.**

Según Ramírez *et al.*, (2008) el potasio al igual que el nitrógeno y el fósforo presenta una tendencia descendente conforme avanza la edad de rebrote en la planta, estos comportamientos fisiológicos en la planta se deben porque estos minerales abundan principalmente en partes jóvenes y en crecimiento de la planta. Y si los encontramos en grandes cantidades puede ocasionar deficiencias de calcio y magnesio puesto que tienen características similares y compite con ellos en la absorción radicular (Martínez, 2009).

### 2.2.8. Comportamiento agrobotánico del género *Pennisetum*

Existen varios pastos procedentes de género *Pennisetum*, todos con un gran desarrollo y crecimiento botánico, como es el caso del king grass, Cuba CT-16, CT-74 y CT- 169 quienes presentan una longitud de 198, 196, 212, 177 cm en su orden (Febles et al., 2007, p. 387). Estos pastos de corte poseen varias bondades morfológicas y fisiológicas, son muy deseados por ganaderos de zonas cálidas porque su capacidad para crecer es impresionante, a los 45, 60, 75 y 90 días el maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en un período poco lluvioso muestra 167,20; 185,10; 140,25 y 132,5 cm respectivamente (Murillo et al., 2015).

El número de tallos por planta o superficie está influenciado por la edad de corte, distancia y sistema de siembra. Al sembrar dos varetas de King grass morado a una distancia de 0,50 cm, se consigue a los 90 días 41,3 tallos/m<sup>2</sup>, mientras que a los 150 días se presencia 57 macollas/m<sup>2</sup> (Rivera, 2017).

En lo referente a la cobertura, estos pastos con el tiempo logran cubrir toda la superficie del suelo y por ende la parte aérea. En una investigación, el pasto maralfalfa reportó una cubierta basal de 41% y 56,17% a los 30 y 60 días de cosecha mientras que la cobertura aérea a estas mismas edades fue de 59% y 87,67% (Abarca, 2011, pp. 40-45). La cobertura basal en el king grass es aún mayor que el maralfalfa, presentándose a los 60 días el 59,67% (Murillo et al., 2015).

Los pastos de este género ofrecen gran cantidad de biomasa, aún si los cortes son realizados a edades tempranas (Murillo et al., 2015, p. 1). El king grass morado, king grass verde, elefante y maralfalfa pueden llegar a producir a los 50 días de cosecha 62,8; 60,8; 67,8 y 70,5 t/ha de forraje verde en su orden (Roncallo et al., 2012, p. 74). Mientras que, a los 70 días de rebrote, el pasto taiwán presenta en las hojas, tallo y planta completa una producción de forraje verde de 23,89; 56,65 y 80,54 t/ha

correspondientemente, en el king grass se registra 24,43; 62,50 y 86,93 t/ha en las hojas, tallos y planta íntegra, de igual forma el pasto elefante gigante produce 80,55; 86,94 y 61,43 t/ha de biomasa en sus hojas, tallo y planta entera en su orden (Araya y Boschini, 2005).

El híbrido Cuba CT-115 puede llegar a producir 61.25 t/ha/año de forraje seco al realizar cortes cada 90 días (García y Díaz, 2012, pp. 16,17). Mientras que en otra investigación el Cuba CT-115, CT- INIAP-Estación Experimental Central Amazónica 9 169 y king grass morado reportaron a los 90 días de rebrote el 11,18; 13,12 y 15,28 t/ha de forraje seco (Caballero et al., 2016, p. 97).

Cabe mencionar que la producción forrajera depende de cada una de las variables botánicas nombradas con anterioridad y estas a su vez dependen de la edad de cosecha, es decir que, si el pasto presenta mayor altura, área foliar, número de tallos, cobertura y relación tallo: hoja, la biomasa será mayor hasta cierto estado fenológico, luego sufrirá una reducción debido a la presencia de material muerto. Se puede presentar cambios en los cultivos al ser aprovechados cuando aún son jóvenes, debido a que la capacidad de resiliencia es cada vez menor, mientras que los períodos largos de cosecha proporcionan la reversión de la especie, aunque la vegetación nutricionalmente es pobre (Peter et al., 2012).

#### **a) Altura de planta**

La altura de planta es una característica varietal y depende de su interacción genotipo/ambiente. Los factores que inciden en esta variable son nutricionales, textura del suelo, sanidad de las plantas, la temperatura, la humedad, cantidad y calidad de luz solar, etc. (Ávalos, 2009).

#### **b) Relación hoja: tallo**

La relación hoja: tallo (H: T), parámetro de importancia ya que refleja indirectamente el aporte nutricional del forraje, basándose en que las hojas de las gramíneas son de mejor calidad nutritiva que los tallos (Gallego et al., 2014).

Este parámetro está íntimamente relacionado con la calidad nutritiva de la planta, tal como concluye Bernal (1994), quien afirma que cuando los pastos perennes y las leguminosas pasan a estado vegetativo al de la floración y producción de semillas, los contenidos de proteína y minerales disminuyen drásticamente al disminuir la producción de hojas y de manera similar aumentan la proporción de tallos, aumentando rápidamente los contenidos de pared celular.

#### **c) Macollamiento**

Las plantas inicialmente generan macollamiento de acuerdo con las facilidades de luz que gozan, y a medida que la competencia para nutrientes aumenta el macollamiento disminuye (Fernández, 1992).

#### **d) Rendimiento forrajero**

La frecuencia de corte en pastos tropicales es el factor que más influye en la producción de materia seca; ésta se incrementa con la edad llegando a su pico a la séptima semana de edad, para luego estabilizarse; donde se obtiene la mayor producción de hojas, principalmente en los estratos intermedios (60 – 120 cm), siendo desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo la edad adecuada de utilización por el animal (Dean y Clavero, 1992).

### **2.2.9. La fertilización**

La fertilización (orgánica e inorgánica) es considerada una estrategia eficiente de nutrición para las plantas, pues a través de esta se provee a la planta de los nutrimentos necesarios para su crecimiento. El nitrógeno (N) es el nutrimento más

considerado al momento de las fertilizaciones, debido a que se obtiene respuesta en la productividad de los forrajes. Esta respuesta se debe a la participación del N en reacciones bioquímicas involucradas en el crecimiento de la parte foliar de las plantas en general (Pezo y García, 2018).

### **2.3. Definición de términos básicos**

- Rendimiento, relación de la producción total de un cierto cultivo cosechado por hectárea de terreno utilizada. Se mide usualmente en toneladas métricas por hectárea (T.M./ha.).
- Pasto, son plantas gramíneas y leguminosas que se desarrollan en el potrero y sirven para la alimentación del ganado.
- Forraje, son gramíneas o leguminosas cosechadas para ser suministradas como alimento a los animales, sea verde, seco o procesado (heno, ensilaje, rastrojo, sacharina, amonificación).
- Macollamiento, etapa fisiológica o de desarrollo de un cultivo, en la que se obtienen de una misma cepa o planta varios tallos, los cuales con un adecuado manejo logran alcanzar la madurez fisiológica.
- La producción agrícola, es aquella que consiste en generar vegetales para consumo humano. Ha variado mucho a lo largo de la historia, lográndose mejoras significativas en la misma gracias a la implementación de diferentes herramientas y procesos.
- El área foliar, es la expresión numérica adimensional resultado de la división aritmética del área de las hojas de un cultivo expresado en m<sup>2</sup> y el área de suelo sobre el cual se encuentra establecido, también expresado en m<sup>2</sup>.
- Biomasa foliar, peso seco del follaje de un individuo, muestra o área de estudio determinado.

## 2.4. Formulación de hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

**H<sub>I</sub>:** El comportamiento agronómico y productivo de Cuba OM-22, varía de acuerdo al tipo de fertilizantes y edad de corte en Oxapampa – Pasco

**H<sub>0</sub>:** No existen diferencias estadísticas en el comportamiento agronómico y productivo de Cuba OM-22, con diversos tipos de fertilizantes en diferentes edades de corte en Oxapampa – Pasco.

**H<sub>a</sub>:** Existen diferencias estadísticas en el comportamiento agronómico y productivo de Cuba OM-22, con diversos tipos de fertilizantes en diferentes edades de corte en Oxapampa – Pasco.

#### Hipótesis estadística:

Para comparación de diferencias de fertilizantes.	Para comparación de diferencias de edad de corte.
$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$	$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$
$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$	$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$
Prueba de F ( $\alpha = 0.01$ )	Prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ )

### 2.4.2. Hipótesis específicas

#### Hipótesis específica 1 (HE1):

**H<sub>I</sub>:** El comportamiento agronómico de Cuba OM-22, varía de acuerdo al tipo de fertilizantes y edad de corte en Oxapampa – Pasco.

**H<sub>0</sub>:** No existen diferencias estadísticas en el comportamiento agronómico de Cuba OM-22, con diversos tipos de fertilizantes en diferentes edades de corte en Oxapampa – Pasco.

**H<sub>a</sub>:** Existen diferencias estadísticas en el comportamiento agronómico de Cuba OM-22, con diversos tipos de fertilizantes en diferentes edades de corte en Oxapampa – Pasco.

**Hipótesis específica 2 (HE2):**

**H<sub>I</sub>:** El comportamiento productivo de Cuba OM-22, varía de acuerdo al tipo de fertilizantes y edad de corte en Oxapampa – Pasco

**H<sub>0</sub>:** No existen diferencias estadísticas en el comportamiento productivo de Cuba OM-22, con diversos tipos de fertilizantes en diferentes edades de corte en Oxapampa – Pasco

**H<sub>a</sub>:** Existen diferencias estadísticas en el comportamiento productivo de Cuba OM-22, con diversos tipos de fertilizantes en diferentes edades de corte en Oxapampa – Pasco

## **2.5. Identificación de variables**

Se evaluaron las siguientes variables:

### **2.5.1. Variable Independiente:**

Tipo de fertilizantes y edad de corte

Tipo de fertilizante:

100 % fertilizante comercial

100 % de estiércol de vaca

75% estiércol de vaca + 25% de fertilizante comercial

50% estiércol de vaca + 50% de fertilizante comercial

➤ Edad de corte:

A 60 días

A 75 días

A 90 días.

### 2.5.2. Variable Dependiente:

Comportamiento agronómico y productivo.

➤ Comportamiento agronómico:

Altura de planta

Número de hojas

Número de tallos

Peso de tallo

Peso de hoja

Relación hoja: tallo

➤ Comportamiento productivo

Rendimiento de forraje

Rendimiento de materia seca.

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

### 2.6.1. Sistema de variables e indicadores

En la tesis, la variable independiente “tipo de fertilizante y edad de corte”.

De igual manera, la variable dependiente “comportamiento **agronómico y productivo**”, a través de las siguientes medidas: altura de planta número de hojas, número de tallos, área foliar, peso de tallo, peso de hoja, relación hoja: tallo, rendimiento de biomasa foliar y rendimiento de materia seca.

### 2.6.2. Esquema del sistema de variables e indicadores

En la tabla, se presentan las variables que intervinieron en el problema general de investigación, así como los indicadores y factores que se usaron para la medición de las variables:

**Tabla 1** Operacionalización de variables

<b>Variables</b>	<b>Subvariables</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
X: Tipo de fertilizantes y edad de corte	X <sub>1</sub> : Tipo de fertilizante	- 100% fertilizante comercial - 100% estiércol de vaca - 75% estiércol + 25% fertilizante comercial - 50% estiércol + 50% fertilizante comercial	Catórica nominal
	X <sub>2</sub> : Edad de corte	- 60 días - 75 días - 90 días	Catórica ordinal
Y: Comportamiento agronómico y productivo	Y <sub>1</sub> : Comportamiento agronómico	- Altura de planta (cm) - Número de hojas/planta - Número de tallos/planta - Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Cuantitativa continua
	Y <sub>2</sub> : Comportamiento productivo	- Peso de hoja (g/planta) - Peso de tallo (g/planta) - Relación tallo:hoja (ratio) - Rendimiento de biomasa foliar (kg MS/ha) - Rendimiento de materia seca (kg MS/ha)	Cuantitativa continua

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

La investigación fue de tipo experimental, porque se evaluaron el comportamiento agronómico y productivo comparativamente con diferentes tipos de fertilizantes y a diferentes edades.

#### **Lugar y fecha de estudio.**

El estudio de investigación se llevó a cabo en el Centro de Investigación de Peñaflores, perteneciente a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, durante el año 2022; el mismo que está ubicada en el Distrito y Provincia de Oxapampa, Región Pasco.

#### **3.2. Nivel de investigación**

El nivel de investigación fue aplicado de corte longitudinal, porque se enfocó en aplicar conocimientos teóricos en situaciones específicas. Asimismo, se llevó a cabo las mediciones de variables respuesta durante tres periodos de corte.

### **3.3. Métodos de investigación**

#### **a) Manejo del cultivo experimental**

##### **❖ Establecimiento del cultivo.**

El estudio se realizó en un cultivo previamente establecido de pasto Cuba OM-22 con una extensión de 1/8 de hectárea; de esta área se delimitó una superficie experimental de 240 m<sup>2</sup>. Previo al inicio del experimento, el cultivo fue uniformizado mediante un corte general y posteriormente fertilizado según los tratamientos, con el fin de homogeneizar las condiciones iniciales del ensayo.

##### **❖ Corte de uniformización.**

El corte se realizó a una altura de 5 cm al ras del suelo, considerando el límite permisible para el rebrote de estas plantas, a fin de comparar las diferentes variables de estudio.

##### **❖ Demarcación e identificación de las subparcelas.**

Se identificaron las sub parcelas para los distintos tratamientos, asignado mediante sorteo, teniendo 03 subparcelas por cada interacción (tipo de fertilizante x edad de corte). El espacio entre las subparcelas fue de 0.30 metros, para manejar adecuadamente las malezas y realizar la adecuada medida de diferentes variables de estudio.

##### **❖ Aplicación de fertilizantes**

Se aplicó fertilizantes de acuerdo al tratamiento de estudio, a los 15 días después de realizado el corte de uniformización.

##### **❖ Intervalos de corte**

Se procedió a comparar frecuencias de corte, a los 60, 75 y 90 días, realizándolos de 5 cm al ras del suelo.

## ❖ Análisis de suelo.

Previo al establecimiento del experimento, se consideró como referencia el análisis de suelo realizado por docentes de la Escuela Profesional de Zootecnia de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en el fundo Peñaflor, área donde se desarrolló la investigación. Este análisis permitió caracterizar las condiciones edáficas iniciales del sitio experimental y determinar la disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento del híbrido Cuba OM-22. Los resultados se presentan en la Tabla 2, los cuales ofrecen información clave para interpretar la respuesta del pasto a los diferentes tratamientos de fertilización y edades de corte.

**Tabla 2** Análisis de suelo de fundo Peñaflor de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

Tratamientos	Acidez o pH	Humedad (%)	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Fosforo (ppm)
Pastizal	4,54	33,84	1,97	0.0271	5.660
Granadilla	4,28	27,83	2,31	0.0219	3.390
B. Secundario	4,51	30,94	2,62	0.0175	8.578
B. Primario	4,71	36,32	1,87	0.0314	9.489
Promedios	4,51	32,23	1.97	0.0235	6.779
Clasificación	Muy fuertemente ácido	Capacidad de campo	Clasificación media	Muy pobre	Medio

Fuente: Suasnabar, Toralva y Tongo, 2016.

Los resultados muestran que el suelo del fundo Peñaflor presenta:

- pH muy fuertemente ácido ( $\approx 4.5$ ), lo cual puede limitar la disponibilidad de nutrientes, especialmente fósforo y bases intercambiables.
- Contenido de humedad en capacidad de campo, adecuado para el establecimiento de forrajes tropicales.
- Materia orgánica en nivel medio, lo cual favorece la estructura del suelo, pero no garantiza una alta disponibilidad de nitrógeno.
- Nitrógeno muy pobre, lo que refuerza la necesidad de fertilización nitrogenada para promover el crecimiento del Cuba OM-22.

- Fósforo en nivel medio, aunque en suelos ácidos gran parte puede encontrarse fijado y no disponible para la planta.

Estos parámetros justifican técnicamente la evaluación de diferentes tratamientos de fertilización, dado que el suelo presenta limitaciones nutrimentales que pueden influir de manera significativa en el rendimiento agronómico y productivo del híbrido Cuba OM-22.

## **b) Parámetros evaluados (variable respuesta)**

### **❖ Características agronómicas de pasto Cuba 22:**

Se evaluaron las siguientes variables:

#### **✓ Altura de planta**

Se midieron con una cinta métrica, partiendo de la base del tallo hasta la hoja más alta, a todas las plantas en cada uno de los tratamientos.

#### **✓ Número de hojas y número tallos por planta.**

Se realizó a través de conteo manual planta por planta en cada tratamiento.

#### **✓ Relación tallo: hojas**

Se midió teniendo en cuenta el cociente del peso de las hojas y el peso del tallo en el momento del corte. Se calculó teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$H: T = H/T$$

$$H: T = \text{Relación hoja tallo}$$

$$H = \text{Peso seco del componente hoja (Kg MS / ha)}$$

$$T = \text{Peso seco del componente tallo (Kg MS / ha)}$$

✓ **Área foliar.**

Para la estimación del índice de área foliar, se empleó la siguiente ecuación:

$$IAF = AF * DP * 10000 \text{ cm}^2$$

Dónde:

IAF = índice de área foliar, AF = área foliar por planta (cm<sup>2</sup>) y DP = número de plantas m<sup>2</sup>.

✓ **Producción de biomasa.**

Para la estimación de la producción de biomasa, se procedió a cortar todo el material vegetal de cada una de las plantas a una altura de 15 cm, procediendo a realizar su pesaje y proyectando a una hectárea. Este valor se estimará en materia seca.

### 3.4. Diseño de investigación

Se usó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con arreglo factorial de 4 x 3; es decir 4 tipos de fertilizantes en 3 edades de corte, siendo el siguiente modelo aditivo lineal:

El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = u + F_i + E_j + (FE)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

i = 1, 2, 3, 4 tipos de fertilizantes

j = 1, 2, 3 edades de corte/tipo de fertilizantes

k = 1, 2, 3 repeticiones/ edades de corte/ tipo de fertilizantes

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Variables de estudio respuesta del k-ésima muestra, correspondiente a la j-ésima edad de corte y al i-ésimo tipo de fertilizante (Observación al azar).

$\mu$  = Media general.

$F_i$  = Efecto del i-ésimo tipo de fertilizante.

$E_j$  = Efecto de la j-ésima edad de corte.

$(FE)_{ij}$  = Interacción de la j-ésima edad de corte por i-ésimo tipo de fertilizante.

$\epsilon_{ijk}$  = Valor residual debido a la k-ésima muestra, correspondiente a la j-ésima edad de corte y al i-ésimo tipo de fertilizante.

Asimismo, se empleó la prueba de significación de Tukey (0.05 de error) para evaluar las diferentes variables en estudio.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población de referencia estuvo constituida por el cultivo establecido de pasto Cuba OM-22 en el Centro de Investigación de Estudio y Transferencia Tecnológica (CIETT) de Peñaflor, distrito de Oxapampa, el cual comprende aproximadamente 1/8 de hectárea bajo condiciones agronómicas homogéneas de manejo, fertilización previa, edad del cultivo y características edafoclimáticas. Esta población experimental fue considerada adecuada debido a que representa un sistema forrajero uniforme y controlado, condición indispensable para estudios de tipo experimental orientados a evaluar la respuesta del cultivo a tratamientos agronómicos específicos.

Si bien en el distrito de Oxapampa existen otras áreas cultivadas con Cuba OM-22 (aproximadamente 2 ha, según la Agencia Agraria Oxapampa, 2024), dichas

superficies no fueron consideradas como población estadística directa, debido a la heterogeneidad en el manejo agronómico, fertilización, edad del rebrote y condiciones del suelo, lo que podría introducir variabilidad no controlada en los resultados. Por ello, la población del estudio se delimitó de manera intencional al área experimental del CIETT, garantizando la validez interna del ensayo.

### **3.5.2. Muestra**

La muestra estuvo constituida por una parcela experimental de 240 m<sup>2</sup> (20 × 12 m), delimitada dentro del área total del cultivo de Cuba OM-22 del CIETT. Esta superficie fue seleccionada por presentar uniformidad en la topografía, textura del suelo, establecimiento del cultivo y manejo agronómico previo, condiciones que permitieron reducir la variabilidad experimental y asegurar una respuesta fisiológica comparable entre tratamientos.

La selección de la muestra se realizó mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, criterio comúnmente empleado en investigaciones agronómicas experimentales, donde el objetivo principal no es la inferencia poblacional estadística, sino la evaluación controlada de efectos de tratamientos bajo condiciones homogéneas. El tamaño de la muestra fue determinado en función del diseño experimental utilizado (Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 4 × 3), permitiendo la adecuada distribución de tratamientos, repeticiones y unidades experimentales, y asegurando potencia estadística suficiente para detectar diferencias significativas entre factores.

Dentro de la parcela experimental, el área fue subdividida en unidades experimentales homogéneas, asignadas aleatoriamente a cada combinación de fertilizante y edad de corte, garantizando independencia entre observaciones y cumplimiento de los supuestos del análisis estadístico. Asimismo, se excluyeron las plantas ubicadas en los bordes de cada unidad experimental, con el fin de evitar el efecto

borde, el cual puede generar sesgos en las mediciones debido a diferencias en radiación solar, humedad del suelo y competencia lateral.

El muestreo se realizó exclusivamente en la zona central de cada unidad experimental, asegurando uniformidad fisiológica del cultivo y mayor precisión en la evaluación de las variables agronómicas (altura de planta, número de hojas, número de tallos) y productivas (biomasa fresca y seca). Este enfoque metodológico permitió reducir el error experimental, mejorar la confiabilidad de los datos y fortalecer la validez de los resultados obtenidos.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Los datos fueron tomados en un cuaderno de campo (fichas de registro) en la zona de estudio, tal como se ha descrito en la metodología de trabajo.

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

La selección del instrumento de investigación se realizó tomando en consideración el diseño y el croquis del experimento planteado el presente trabajo de investigación, el que se presenta en la siguiente tabla:

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Análisis documentario	Ficha de registro de datos de campo.

La validación y la confiabilidad se determinó tomando como referencia los valores de coeficiente de variabilidad (C.V.) y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), analizadas por cada variable de acuerdo al análisis de variancia.

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Los datos recolectados en el área experimental fueron procesados y analizados en un entorno de laboratorio utilizando Microsoft Excel para la depuración inicial y organización de la información, y posteriormente el software estadístico InfoStat, adecuado para el análisis de experimentos agrícolas.

Se aplicaron estadísticas descriptivas, incluyendo promedio, desviación estándar, coeficiente de variación (CV) y coeficiente de determinación ( $R^2$ ), con el propósito de caracterizar el comportamiento de las variables agronómicas y productivas evaluadas. Para contrastar las hipótesis de investigación y determinar el efecto de los factores experimentales (tipo de fertilizante y edad de corte), se empleó un Análisis de Varianza (ANOVA) factorial, acorde con el diseño experimental establecido.

Cuando el ANOVA mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ), se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey al nivel de significancia de 0.05, con el fin de identificar qué medias diferían entre sí y establecer agrupamientos homogéneos. Esta prueba permitió una interpretación robusta y precisa de las interacciones y efectos principales, asegurando la validez estadística de las conclusiones.

Finalmente, los resultados fueron interpretados siguiendo criterios científicos y agronómicos, integrando la respuesta del híbrido Cuba OM-22 a los tratamientos de fertilización y a las edades de corte evaluadas. Esta interpretación permitió generar conclusiones sustentadas y formular recomendaciones técnicas orientadas a optimizar la productividad del cultivo bajo las condiciones edafoclimáticas de Oxapampa.

### **3.9. Tratamiento estadístico**

Los tratamientos en estudio fueron constituidos de la siguiente manera:

#### **Factor Fertilizantes (tipo de fertilizante)**

- $F_1 = 100\%$  fertilizante comercial
- $F_2 = 100\%$  de estiércol de vaca
- $F_3 = 75\%$  estiércol de vaca +  $25\%$  de fertilizante comercial
- $F_4 = 50\%$  estiércol de vaca +  $50\%$  de fertilizante comercial

### **Factor edad de corte (frecuencia de corte)**

- E1 = Corte a los 60 días
- E2 = Corte a los 75 días
- E3 = Corte a los 90 días

### **Parcelas o repeticiones:**

- 1 = Muestra 1
- 2 = Muestra 2
- 3 = Muestra 3

### **❖ Croquis del experimento:**

<b>F<sub>1</sub></b>			<b>F<sub>2</sub></b>			<b>F<sub>3</sub></b>			<b>F<sub>4</sub></b>		
<b>E<sub>1</sub></b>	<b>E<sub>2</sub></b>	<b>E<sub>3</sub></b>	<b>E<sub>1</sub></b>	<b>E<sub>2</sub></b>	<b>E<sub>3</sub></b>	<b>E<sub>1</sub></b>	<b>E<sub>2</sub></b>	<b>E<sub>3</sub></b>	<b>E<sub>1</sub></b>	<b>E<sub>2</sub></b>	<b>E<sub>3</sub></b>
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

\*\* En cada parcela se tomaron 45 plantas para su evaluación.

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

El trabajo de investigación guarda una relación armoniosa con la naturaleza, siendo ético su procedimiento.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Para la evaluación del comportamiento agronómico**

###### **a. Altura de la planta (cm).**

Se realizaron mediciones utilizando una regla calibrada, desde la base del tallo hasta la hoja más alta, en todas las plantas de cada uno de los tratamientos. Se llevaron a cabo estas mediciones en 15 plantas por cada repetición a los 60, 75 y 90 días.

###### **b. Número de hojas (N°)**

Se eligieron aleatoriamente 15 plantas de la variedad Cuba 22 de cada una de las parcelas. Se contaron tanto las hojas grandes como las pequeñas de una rama principal en cada una de estas plantas, con el fin de calcular el promedio de hojas por parcela. Este proceso se repitió en cada una de las edades de corte.

**c. Número de tallos (N°)**

El conteo se llevó a cabo manualmente, evaluando cada planta en todos los tratamientos. Se eligieron al azar 15 plantas de la variedad Cuba 22 en cada una de las parcelas. Se contaron los tallos de cada una de estas plantas para calcular posteriormente el promedio de tallos por parcela. Este procedimiento se repitió en cada una de las edades de corte.

**d. Peso de tallo y hoja (kg)**

La recolección del material se efectuó utilizando una balanza digital, y esta medición se llevó a cabo durante el momento de corte.

**e. Relación hoja: tallo**

Se determinó la relación entre el peso de las hojas y el peso del tallo en el momento del corte, siguiendo el método descrito por Medina en 2009. Esta relación se calculó mediante la siguiente fórmula:  $H: T = H / T$ , donde H representa el peso seco del componente hoja en kilogramos de materia seca por hectárea (kg MS/ha), y T denota el peso seco del componente tallo en kg MS/ha.

**4.1.2. Para el comportamiento productivo.**

**a) Rendimiento de materia verde (forraje) (kg/m<sup>2</sup>).**

Se recolectaron aleatoriamente 15 muestras de forraje verde de 15 cuadrantes designados (cada uno con un área de 1m<sup>2</sup>) en los intervalos de tiempo de 60, 75 y 90 días después del corte, siguiendo el diseño establecido en el croquis del experimento.

**b) Rendimiento de materia seca**

Se realizó una estimación utilizando los valores de porcentaje de materia seca de cada muestra obtenidos en el laboratorio como referencia.

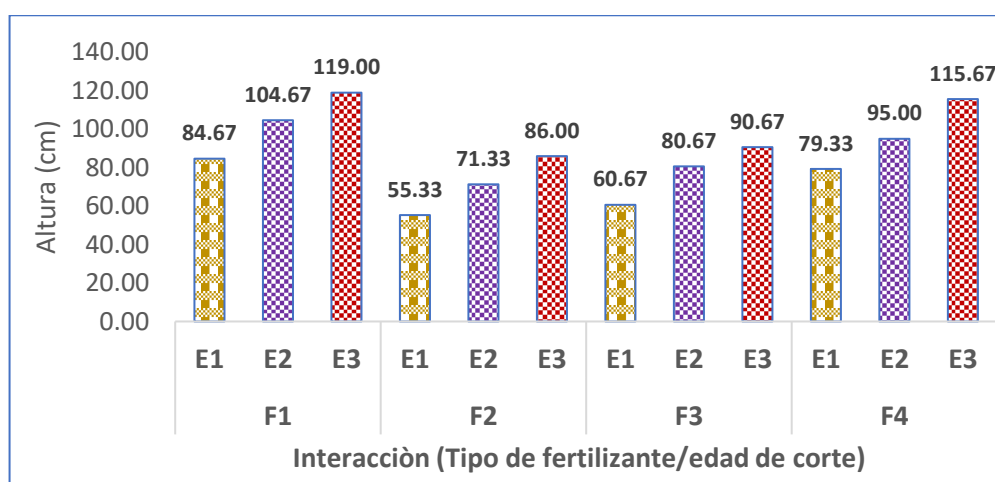
## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

### 4.2.1. Para la evaluación del comportamiento agronómico

#### a) Altura de la planta (cm).

El Gráfico 1 muestra la altura de las plantas de Cuba 22, destacando un mayor tamaño cuando se aplicó el fertilizante comercial a los 90 días de corte ( $F_1E_3$ ), alcanzando una altura de  $119\pm 1.0$  cm. Por otro lado, se observó una altura menor cuando se utilizó estiércol a los 60 días ( $F_2E_1$ ), con una medida de  $55.33\pm 5.69$  cm.

**Gráfico 1** *Altura de la planta (cm)*



$F_1$ = 100% fertilizante comercial,  $F_2$ = 100% estiércol de vaca,  $F_3$ =75% estiércol de vaca + 25% fertilizante comercial,  $F_4$ =50% estiércol de vaca + 50% fertilizante comercial,  $E_1$ =Edad a 60 días,  $E_2$ =Edad a 75 días,  $E_3$ =Edad a 90 días.

Este hallazgo indica que el uso de estiércol en este punto del ciclo de crecimiento puede no ser tan efectivo como el fertilizante comercial en términos de promover el crecimiento de las plantas de Cuba 22.

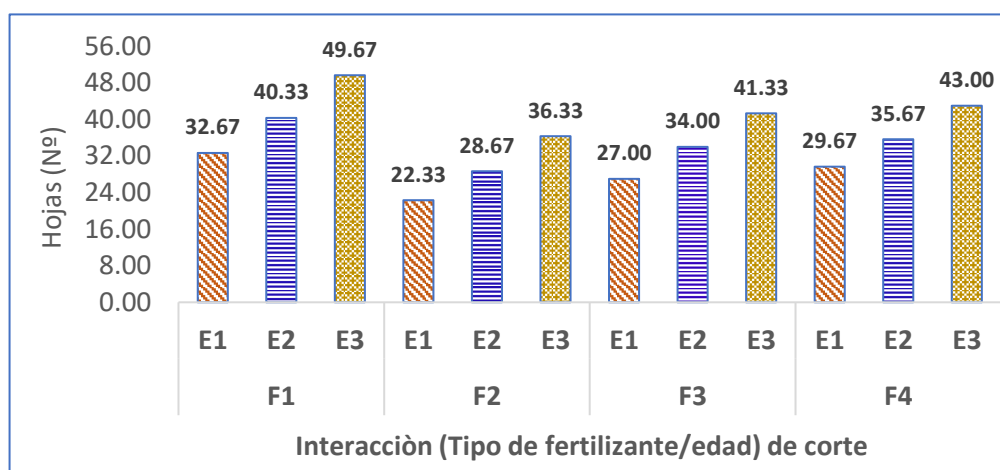
#### b) Número de hojas (No).

En el Gráfico 2 se aprecia la cantidad de hojas, destacándose un mayor número cuando se aplicó el fertilizante comercial a los 90 días de corte ( $F_1E_3$ ), con un promedio de  $49.67\pm 2.08$  hojas. Por otro lado, se registró un

menor número de hojas con la aplicación de estiércol a los 60 días (F<sub>2</sub>E<sub>1</sub>), con un promedio de 22.33±1.15 hojas.

El análisis de estos datos indica que el tipo de fertilizante y el momento de aplicación tienen un impacto significativo en el número de hojas de las plantas de Cuba 22.

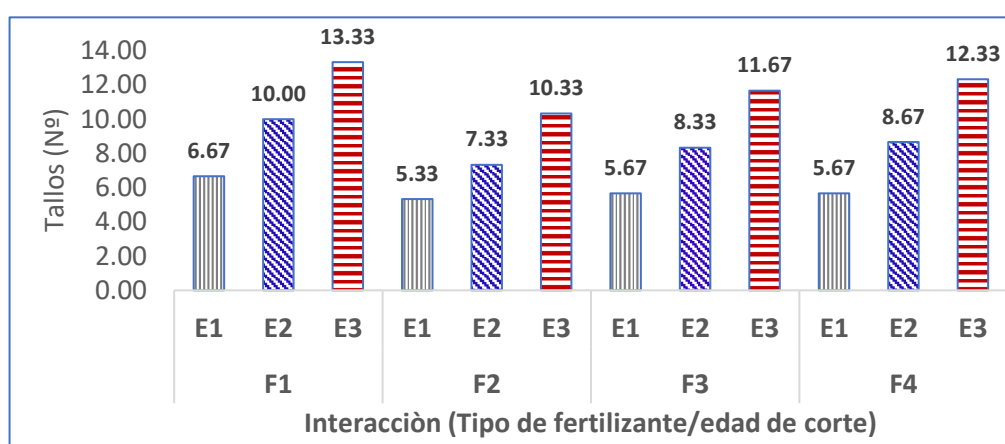
**Gráfico 2** Número de hojas (Nº)



F<sub>1</sub>= 100% fertilizante comercial, F<sub>2</sub>= 100% estiércol de vaca, F<sub>3</sub>=75% estiércol de vaca + 25% fertilizante comercial, F<sub>4</sub>=50% estiércol de vaca + 50% fertilizante comercial, E<sub>1</sub>=Edad a 60 días, E<sub>2</sub>=Edad a 75 días, E<sub>3</sub>=Edad a 90 días.

**c) Número de tallos (No)**

**Gráfico 3** Número de tallos



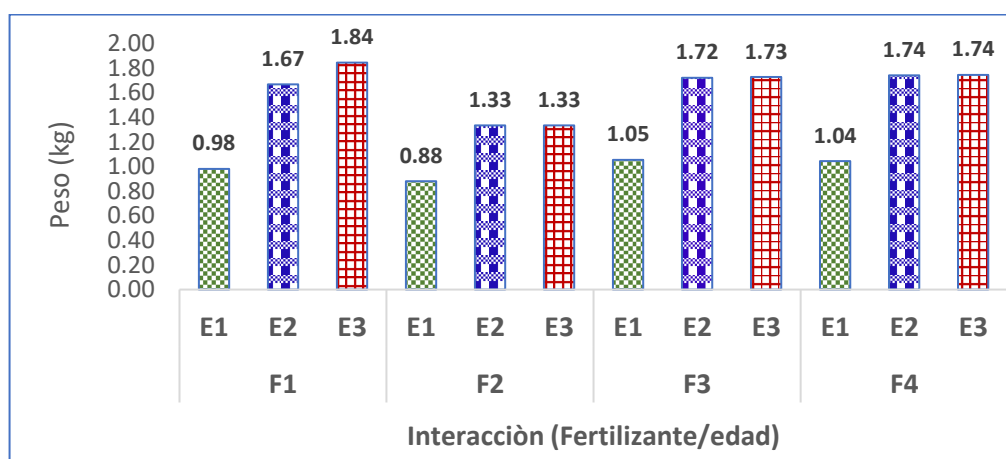
F<sub>1</sub>= 100% fertilizante comercial, F<sub>2</sub>= 100% estiércol de vaca, F<sub>3</sub>=75% estiércol de vaca + 25% fertilizante comercial, F<sub>4</sub>=50% estiércol de vaca + 50% fertilizante comercial, E<sub>1</sub>=Edad a 60 días, E<sub>2</sub>=Edad a 75 días, E<sub>3</sub>=Edad a 90 días.

El Gráfico 3 muestra el número de tallos, destacándose una mayor cantidad cuando se aplicó un fertilizante comercial 90 días después del corte, en el caso de la muestra F1E3, con un promedio de  $13.33 \pm 0.58$  tallos. En contraste, se observó un menor número de tallos cuando se utilizó estiércol a los 60 días, en la muestra F2E1, con un promedio de  $5.33 \pm 0.58$  tallos.

El análisis de estos datos revela que el tipo de fertilizante y el momento de aplicación influyen significativamente en el número de tallos de las plantas de Cuba 22.

#### 4.2.2. Peso del tallo (kg)

**Gráfico 4** *Peso del tallo (kg)*



F<sub>1</sub>= 100% fertilizante comercial, F<sub>2</sub>= 100% estiércol de vaca, F<sub>3</sub>=75% estiércol de vaca + 25% fertilizante comercial, F<sub>4</sub>=50% estiércol de vaca + 50% fertilizante comercial, E<sub>1</sub>=Edad a 60 días, E<sub>2</sub>=Edad a 75 días, E<sub>3</sub>=Edad a 90 días.

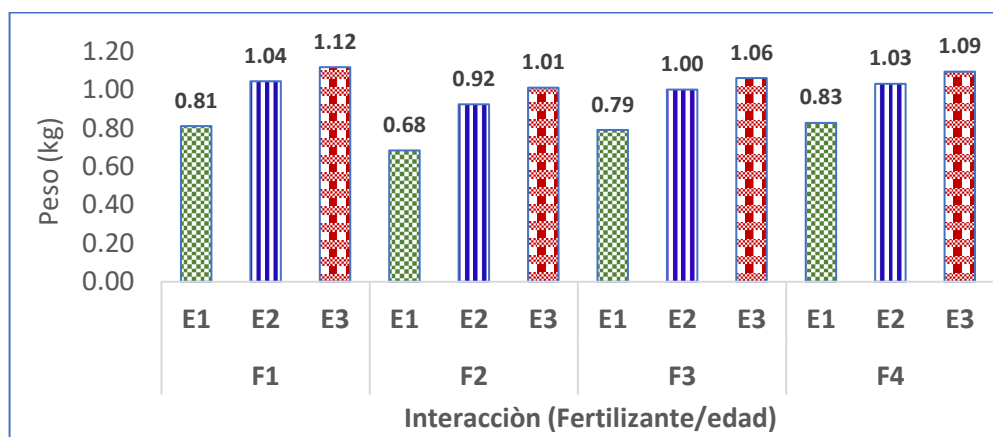
En el Gráfico 5, se evidencia el peso de los tallos, mostrando un aumento significativo en el peso cuando se aplicó un fertilizante comercial 90 días después del corte en la muestra F<sub>1</sub>E<sub>3</sub>, con un promedio de  $1.84 \pm 0.04$ . Por otro lado, se registró una disminución en el peso de los tallos al utilizar estiércol a los 60 días en la muestra F<sub>2</sub>E<sub>1</sub>, con un promedio de  $0.88 \pm 0.02$ . Este hallazgo sugiere que el tipo y momento de la

aplicación de fertilizantes influye notablemente en el desarrollo y peso de los tallos de la planta de Cuba 22

**a) Peso de la hoja (kg)**

El Gráfico 6 muestra el peso de las hojas, revelando un incremento en el peso cuando se aplicó un fertilizante comercial 90 días después del corte, en la interacción F<sub>1</sub>E<sub>3</sub>, con un valor de 1.12±0.02 kg. Por otro lado, se observó una reducción en el peso de las hojas al emplear estiércol a los 60 días, en la muestra F<sub>2</sub>E<sub>1</sub>, con un valor de 0.68±0.02 kg. Estos resultados indican que la elección del tipo de fertilizante y el momento de aplicación influyeron significativamente en el peso de las hojas de la planta de Cuba 22.

**Gráfico 5** *Peso de la hoja (kg)*



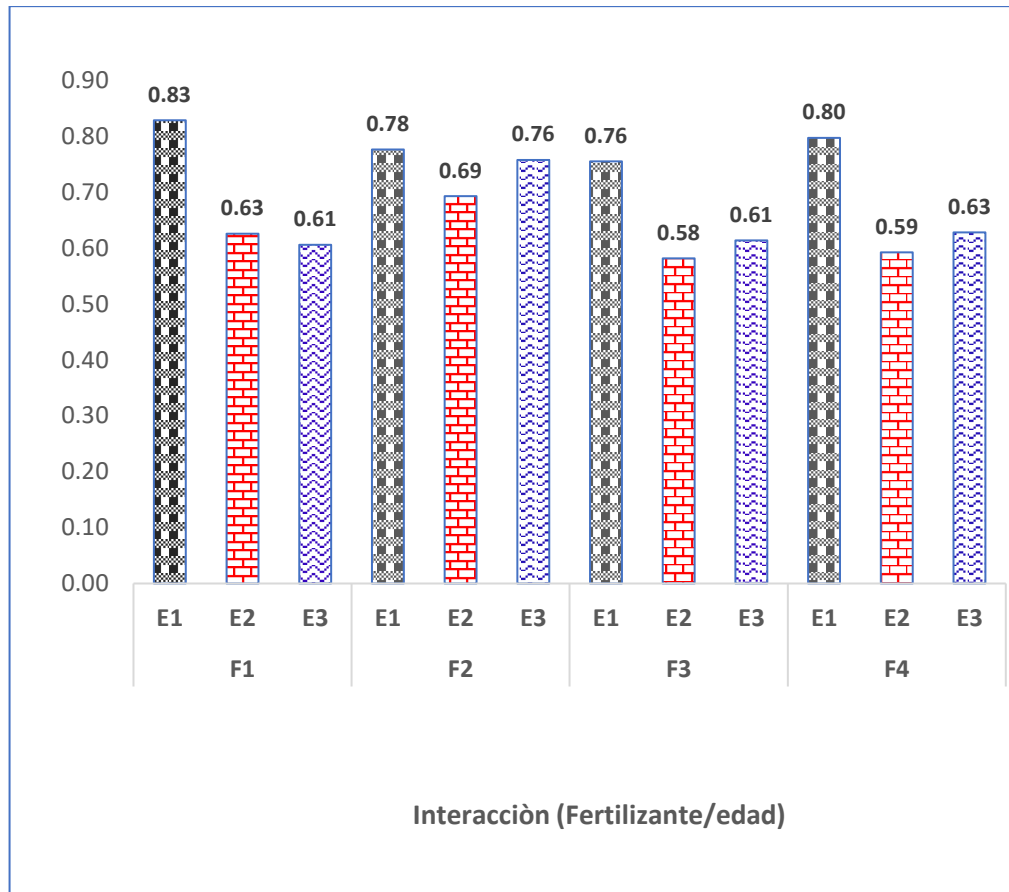
F<sub>1</sub>= 100% fertilizante comercial, F<sub>2</sub>= 100% estiércol de vaca, F<sub>3</sub>=75% estiércol de vaca + 25% fertilizante comercial, F<sub>4</sub>=50% estiércol de vaca + 50% fertilizante comercial, E<sub>1</sub>=Edad a 60 días, E<sub>2</sub>=Edad a 75 días, E<sub>3</sub>=Edad a 90 días.

**b) Relación hoja: tallo**

En el gráfico 7, se analiza la correlación entre el peso de las hojas y el peso de los tallos. Se destaca que la relación entre estos dos componentes fue menos pronunciada cuando se aplicó un fertilizante comercial 90 días después del corte en la interacción F<sub>3</sub>E<sub>2</sub>, con un valor promedio de 0.83±0.06. Por otro lado, se observó una correlación más significativa al utilizar estiércol a los 60 días en la interacción F<sub>2</sub>E<sub>1</sub>, con un valor promedio de 0.58±0.02. Esto sugiere que la

aplicación de estiércol en un momento específico tuvo un mayor impacto en la relación entre el peso de las hojas y el peso de los tallos en comparación con el uso de fertilizante comercial en un período posterior.

**Gráfico 6** *Relación hoja: tallo*



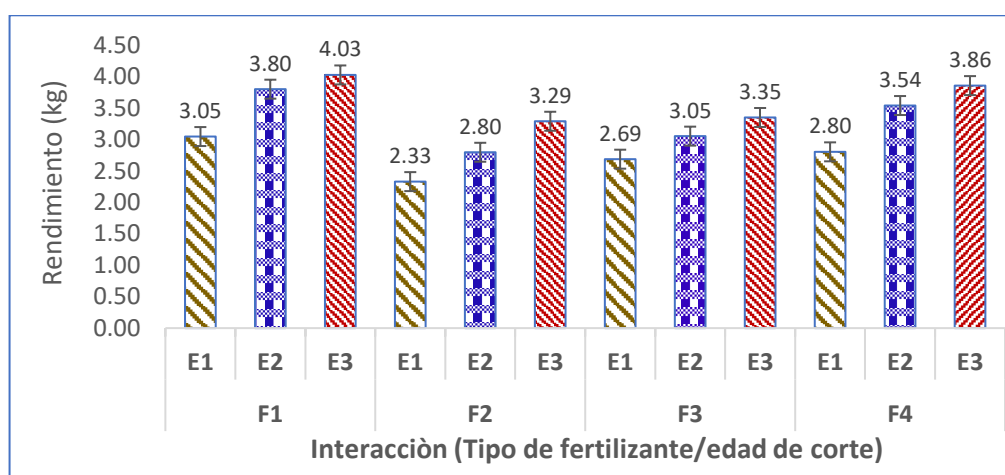
F<sub>1</sub>= 100% fertilizante comercial, F<sub>2</sub>= 100% estiércol de vaca, F<sub>3</sub>=75% estiércol de vaca + 25% fertilizante comercial, F<sub>4</sub>=50% estiércol de vaca + 50% fertilizante comercial, E<sub>1</sub>=Edad a 60 días, E<sub>2</sub>=Edad a 75 días, E<sub>3</sub>=Edad a 90 días.

#### 4.2.3. Para el comportamiento productivo.

##### a) Rendimiento de forraje (materia verde) (kg/m<sup>2</sup>)

En el gráfico 8, se analiza el rendimiento de forraje, observando un valor más alto cuando se aplicó fertilizante comercial a los 90 días de corte en la interacción F<sub>1</sub>E<sub>3</sub>, con un promedio de 4.03±0.1.

**Gráfico 7 Rendimiento de materia verde (kg/m<sup>2</sup>)**



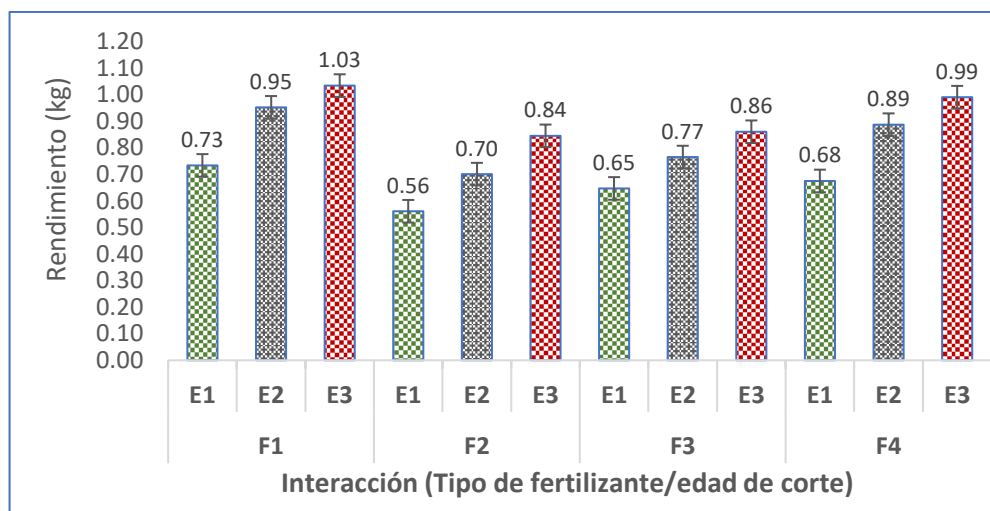
F<sub>1</sub>= 100% fertilizante comercial, F<sub>2</sub>= 100% estiércol de vaca, F<sub>3</sub>=75% estiércol de vaca + 25% fertilizante comercial, F<sub>4</sub>=50% estiércol de vaca + 50% fertilizante comercial, E<sub>1</sub>=Edad a 60 días, E<sub>2</sub>=Edad a 75 días, E<sub>3</sub>=Edad a 90 días.

Por otro lado, se registró un rendimiento más bajo al utilizar estiércol a los 60 días en la interacción F<sub>2</sub>E<sub>1</sub>, con un promedio de 2.33±0.09. Esto sugiere que la aplicación de fertilizante comercial tuvo un impacto positivo en el rendimiento del forraje en comparación con el uso de estiércol en un período anterior.

#### 4.2.4. Rendimiento de materia seca (kg/m<sup>2</sup>)

En el gráfico 9, se examina el rendimiento de forraje, evidenciando un valor más alto cuando se aplicó fertilizante comercial a los 90 días de corte en la interacción F<sub>1</sub>E<sub>3</sub>, con un promedio de 1.03±0.03. Por el contrario, se registró un rendimiento más bajo al utilizar estiércol a los 60 días en la interacción F<sub>2</sub>E<sub>1</sub>, con un promedio de 0.56±0.02.

**Gráfico 8 Rendimiento de materia seca (kg/m<sup>2</sup>)**



F<sub>1</sub>= 100% fertilizante comercial, F<sub>2</sub>= 100% estiércol de vaca, F<sub>3</sub>=75% estiércol de vaca + 25% fertilizante comercial, F<sub>4</sub>=50% estiércol de vaca + 50% fertilizante comercial, E<sub>1</sub>=Edad a 60 días, E<sub>2</sub>=Edad a 75 días, E<sub>3</sub>=Edad a 90 días.

Estos resultados indican que la aplicación de fertilizante comercial tuvo un efecto positivo en el rendimiento del forraje en comparación con el uso de estiércol en un período anterior.

### 4.3. Prueba de hipótesis

#### 4.3.1. Para la evaluación del comportamiento agronómico.

##### Altura de la planta (cm).

Al realizar el Análisis de Varianza (ANOVA), se han encontrado diferencias altamente significativas entre los distintos tipos de fertilizantes y las edades de corte. Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticas a nivel de la interacción entre el tipo de fertilizante y la edad de corte.

**Tabla 3 Prueba de Tukey para altura de planta.**

Tipo de fertilizante		Edad de corte			Promedio
		E <sub>1</sub> (60 días)	E <sub>2</sub> (75 días)	E <sub>3</sub> (90 días)	
<b>F<sub>1</sub></b> (100% fertilizante)	<b>1</b>	85.00	102.00	120.00	<b>102.78 a</b>
	<b>2</b>	87.00	105.00	119.00	
	<b>3</b>	82.00	107.00	118.00	
<b>F<sub>2</sub></b> (100 % estiércol)	<b>1</b>	49.00	67.00	83.00	<b>70.89 d</b>
	<b>2</b>	57.00	74.00	86.00	
	<b>3</b>	60.00	73.00	89.00	
<b>F<sub>3</sub></b> (75% estiércol + 25 % fertilizante)	<b>1</b>	61.00	81.00	89.00	<b>77.33 c</b>
	<b>2</b>	63.00	79.00	93.00	
	<b>3</b>	58.00	82.00	90.00	
<b>F<sub>4</sub></b> (50% estiércol + 50 % fertilizante)	<b>1</b>	79.00	95.00	118.00	<b>96.67 b</b>
	<b>2</b>	81.00	97.00	115.00	
	<b>3</b>	78.00	93.00	114.00	
<b>Promedio</b>		<b>70.00c</b>	<b>87.92b</b>	<b>102.83a</b>	<b>86.92</b>

Nota: a, b, c = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Además, se ha notado una uniformidad en la variabilidad entre las unidades experimentales, lo que representa el 3.20% del total, y se ha alcanzado un coeficiente de confiabilidad aceptable del 99.00%. Los detalles adicionales pueden consultarse en los anexos adjuntos.

Al realizar la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  para los tipos de fertilizantes, se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ), lo que indica que existen diferencias estadísticas significativas entre los distintos tipos de fertilizantes. Específicamente, se han identificado diferencias significativas escalonadas entre el  $F_1$  ( $102.78 \pm 2.01$  cm),  $F_4$  ( $96.67 \pm 1.87$  cm),  $F_3$  ( $77.33 \pm 2.04$  cm) y  $F_2$  ( $70.89 \pm 4.16$  cm), como se detalla en la tabla 5 y en los anexos adjuntos.

Tras realizar la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  para la edad de corte, se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ), indicando que hay una diferencia estadística escalonada entre ellas. Específicamente, se observa que la altura promedio es mayor y significativamente diferente en la edad de corte E3 ( $102.83 \pm 15.40$  cm) en

comparación con E2 (87.92±13.58 cm) y F1 (70.0±13.17 cm), como se muestra en la tabla 5 y los anexos.

**Tabla 4** Prueba de Tukey para interacción para altura de planta.

Tipos de fertilizantes	Edad de corte	Interacción (F/E)	Promedio Interacción (F/E)
F <sub>1</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>3</sub>	119.00 a
F <sub>4</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>3</sub>	115.67 a
F <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	104.67 b
F <sub>4</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>2</sub>	95.00 c
F <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>3</sub>	90.67 cd
F <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>3</sub>	86.00 de
F <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>1</sub>	84.67 de
F <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>2</sub>	80.67 e
F <sub>4</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>1</sub>	79.33 ef
F <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>2</sub>	71.33 f
F <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>1</sub>	60.67 g
F <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>1</sub>	55.33 g

Nota: a, b, c, d, e, f, g = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Asimismo, al realizar la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  para la interacción entre tipos de fertilizantes y edad de corte, se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ), lo que indica diferencias estadísticas significativas entre las diferentes combinaciones de tipos de fertilizantes y edades de corte. Específicamente, se destaca que la combinación de fertilizante (F1) y edad de corte (E3) presenta una altura promedio mayor y significativamente diferente (119.0 cm) en comparación con otras combinaciones de fertilizantes y edades de corte, como se detalla en la tabla 6 y los anexos adjuntos.

a) **Número de hojas.**

**Tabla 5** Prueba de Tukey para número de hojas, tipos de fertilizantes y edad de corte.

Tipo de fertilizante		Edad de corte			Promedio
		E <sub>1</sub> (60 días)	E <sub>2</sub> (75 días)	E <sub>3</sub> (90 días)	
<b>F<sub>1</sub></b> (100% fertilizante)	<b>1</b>	33.00	42.00	49.00	<b>40.89 a</b>
	<b>2</b>	31.00	38.00	48.00	
	<b>3</b>	34.00	41.00	52.00	
<b>F<sub>2</sub></b> (100 % estiércol)	<b>1</b>	23.00	28.00	35.00	<b>29.11 c</b>
	<b>2</b>	21.00	30.00	36.00	
	<b>3</b>	23.00	28.00	38.00	
<b>F<sub>3</sub></b> (75% estiércol + 25 % fertilizante)	<b>1</b>	27.00	32.00	41.00	<b>34.11 b</b>
	<b>2</b>	28.00	34.00	40.00	
	<b>3</b>	26.00	36.00	43.00	
<b>F<sub>4</sub></b> (50% estiércol + 50 % fertilizante)	<b>1</b>	29.00	35.00	43.00	<b>36.11 b</b>
	<b>2</b>	32.00	33.00	41.00	
	<b>3</b>	28.00	39.00	45.00	
<b>Promedio</b>		<b>27.92c</b>	<b>34.67b</b>	<b>42.58a</b>	<b>35.06</b>

Nota: a, b, c = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Al realizar el ANOVA, se han detectado diferencias altamente significativas entre los tipos de fertilizantes y las edades de corte. No obstante, no se han observado diferencias significativas a nivel de interacción entre el tipo de fertilizante y la edad de corte. Se ha notado una homogeneidad en el coeficiente de variabilidad en las unidades experimentales (C.V. = 5.27%) y un coeficiente de confiabilidad aceptable ( $r^2 = 0.96\%$ ), tal como se detalla en los anexos adjuntos.

Después de realizar la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  para los tipos de fertilizantes, se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ), indicando así diferencias estadísticas significativas entre los distintos tipos de fertilizantes. Específicamente, se ha observado que el Fertilizante ( $F_1$ ) presenta un mayor número de hojas ( $40.89 \pm 7.56$ ) en comparación con el fertilizante ( $F_4$ ) ( $36.11 \pm 6.15$ ), el  $F_3$  ( $34.11 \pm 6.35$ ) y el  $F_2$  ( $29.11 \pm 6.17$ ). Sin embargo, no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre  $F_4$  y  $F_3$ , ver tabla 7 y anexos.

**Tabla 6** Prueba de Tukey para número de hojas para interacción (tipos de fertilizantes/ edad de corte).

Tipos de fertilizantes	Edad de corte	Interacción (F/E)	Promedio Interacción (F/E)
F <sub>1</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>3</sub>	49.67 a
F <sub>4</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>3</sub>	43.00 b
F <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>3</sub>	41.33 bc
F <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	40.33 bcd
F <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>3</sub>	36.33 cde
F <sub>4</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>2</sub>	35.67 de
F <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>2</sub>	34.00 ef
F <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>1</sub>	32.67 ef
F <sub>4</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>1</sub>	29.67 fg
F <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>2</sub>	28.67 fg
F <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>1</sub>	27.00 gh
F <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>1</sub>	22.33 h

Nota: a, b, c, d, f, g, h = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Después de realizar la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  para analizar las diferentes edades de corte, se ha acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ), lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre las distintas edades de corte de la planta. En particular, se ha encontrado que el valor de Cuba 22 a los 90 días de corte (E<sub>3</sub>) es significativamente mayor, con un promedio de  $42.58 \pm 5.21$ , en comparación con los valores de E<sub>2</sub>, con un promedio de  $34.67 \pm 4.74$ , y E<sub>1</sub>, con un promedio de  $27.92 \pm 4.17$ . Además, se observó que los valores de E<sub>2</sub> son significativamente mayores que los de E<sub>1</sub>.

Al realizar la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  para analizar la interacción entre tipos de fertilizantes y edades de corte, se ha aceptado la hipótesis alterna ( $H_a$ ). Este resultado indica que existen diferencias estadísticas significativas entre las diversas combinaciones de tipos de fertilizantes y edades de corte. Específicamente, se ha observado que la combinación de fertilizante (F<sub>1</sub>) y edad de corte (E<sub>3</sub>) se destaca con un valor más alto y diferente en el número de hojas, presentando un promedio de 49.67, ver tabla 8 y anexos.

**b) Número de tallos.**

Al realizar el ANOVA, se han detectado diferencias altamente significativas entre los tipos de fertilizantes y las edades de corte. No obstante, en cuanto a la interacción entre el tipo de fertilizante y la edad de corte, no se han observado diferencias significativas.

**Tabla 7 Prueba de Tukey para número de tallos, por tipos de fertilizantes y edad de corte.**

Tipo de fertilizante		Edad de corte			Promedio
		E <sub>1</sub> (60 días)	E <sub>2</sub> (75 días)	E <sub>3</sub> (90 días)	
<b>F<sub>1</sub></b> (100% fertilizante)	<b>1</b>	6.00	9.00	13.00	<b>10.0 a</b>
	<b>2</b>	7.00	10.00	14.00	
	<b>3</b>	7.00	11.00	13.00	
<b>F<sub>2</sub></b> (100 % estiércol)	<b>1</b>	5.00	7.00	11.00	<b>7.67 c</b>
	<b>2</b>	5.00	8.00	9.00	
	<b>3</b>	6.00	7.00	11.00	
<b>F<sub>3</sub></b> (75% estiércol + 25 % fertilizante)	<b>1</b>	6.00	8.00	11.00	<b>8.56 bc</b>
	<b>2</b>	5.00	9.00	12.00	
	<b>3</b>	6.00	8.00	12.00	
<b>F<sub>4</sub></b> (50% estiércol + 50 % fertilizante)	<b>1</b>	6.00	8.00	12.00	<b>8.89 b</b>
	<b>2</b>	5.00	9.00	13.00	
	<b>3</b>	6.00	9.00	12.00	
<b>Promedio</b>		<b>5.83c</b>	<b>8.58b</b>	<b>11.92a</b>	<b>8.78</b>

Nota: a, b, c, d = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Se ha observado una homogeneidad en la variabilidad entre las unidades experimentales, con un coeficiente de variabilidad del 7.83%, y un coeficiente de confiabilidad del 96%, como se puede verificar en los anexos.

Tras realizar la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para los diferentes tipos de fertilizantes, se ha aceptado la hipótesis alterna ( $H_a$ ), lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de fertilizantes. En particular, se observó que el F1 presenta un mayor número promedio de tallos ( $10.0 \pm 2.96$ ) en comparación con el F4 ( $8.89 \pm 2.93$ ), el F3 ( $8.56 \pm 2.65$ ) y el F2

(7.67±2.29). Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los fertilizantes (F4) y (F3). Los detalles se encuentran disponibles en la tabla 9 y en los anexos correspondientes.

**Tabla 8** Prueba de Tukey para número de tallos (tipos de fertilizantes/ edad de corte).

Tipos de fertilizantes	Edad de corte	Interacción (F/E)	Promedio
F <sub>1</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>3</sub>	13.33 a
F <sub>4</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>3</sub>	12.33 ab
F <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>3</sub>	11.67 abc
F <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>3</sub>	10.33 bcd
F <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	10.00 cd
F <sub>4</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>2</sub>	8.67 de
F <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>2</sub>	8.33 de
F <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>2</sub>	7.33 ef
F <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>1</sub>	6.67 ef
F <sub>4</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>1</sub>	5.67 f
F <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>1</sub>	5.67 f
F <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>1</sub>	5.33 f

Nota: a, b, c, d, e, f = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes (p > 0.05).

Tras realizar la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para analizar la variable de la edad de corte, se ha aceptado la hipótesis alterna (H<sub>a</sub>), lo que indica que existen diferencias estadísticas significativas entre las diferentes edades de corte. Concretamente, se observó que la muestra de Cuba 22 cosechada a los 90 días de corte E<sub>3</sub> muestra valores promedio superiores (11.92±1.32) en comparación con E<sub>2</sub> (8.58±1.16) y E<sub>1</sub> (5.83±0.72). Asimismo, se notó que los valores de E<sub>2</sub> son significativamente superiores a los de E<sub>1</sub>. Los detalles se encuentran disponibles en los resultados presentados en la tabla correspondiente y en los anexos adjuntos.

Luego de llevar a cabo la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para analizar la interacción entre tipos de fertilizantes y edades de corte, se ha rechazado la hipótesis nula (H<sub>0</sub>). Esto indica que existen diferencias estadísticas significativas entre las diversas combinaciones de tipos de fertilizantes y edades de corte.

Específicamente, se ha notado que la combinación de fertilizante (F1) y edad de corte (E3) destaca al exhibir un valor promedio más elevado y diferente en cuanto al número de tallos, alcanzando un promedio de (13.33). Este valor contrasta con las otras combinaciones de fertilizantes y edades de corte evaluadas. Para obtener información más detallada, se puede consultar la tabla 10 y los anexos adjuntos.

**c) Peso del tallo (kg).**

Tras realizar el ANOVA para el peso del tallo, se han observado diferencias altamente significativas entre los diversos tipos de fertilizantes, edades de corte y la interacción entre tipo de fertilizante y edad de corte. Se ha evidenciado una homogeneidad en la variabilidad entre las unidades experimentales, con un coeficiente de variabilidad (C.V.= 3.56%). Además, el modelo utilizado ha mostrado una alta confiabilidad, con un coeficiente de confiabilidad ( $r^2 = 0.99\%$ ), lo que sugiere que este modelo es altamente confiable para explicar y predecir las relaciones entre las variables. Los detalles adicionales se encuentran disponibles en los anexos.

Tras realizar la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para comparar los tipos de fertilizantes, se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ), lo que indica la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de fertilizantes. Se observó que los valores medios del peso de tallo para el Fertilizante F<sub>4</sub> ( $1.51 \pm 0.35$ ), F<sub>3</sub> ( $1.50 \pm 0.32$ ) y F<sub>1</sub> ( $1.50 \pm 0.34$ ) son estadísticamente similares entre sí, pero todos son mayores que el valor obtenido para F<sub>2</sub> ( $1.18 \pm 0.24$ ). Los detalles adicionales se encuentran en la tabla 13 y los anexos.

**Tabla 9 Prueba de Tukey para peso de tallo, por tipos de fertilizantes y edad de corte.**

Tipo de fertilizante		Edad de corte			Promedio
		E <sub>1</sub> (60 días)	E <sub>2</sub> (75 días)	E <sub>3</sub> (90 días)	
<b>F<sub>1</sub></b> (100% fertilizante)	<b>1</b>	1.02	1.62	1.81	<b>1.50 a</b>
	<b>2</b>	0.92	1.68	1.83	
	<b>3</b>	1.00	1.70	1.89	
<b>F<sub>2</sub></b> (100 % estiércol)	<b>1</b>	0.86	1.30	1.34	<b>1.18b</b>
	<b>2</b>	0.88	1.32	1.35	
	<b>3</b>	0.90	1.38	1.31	
<b>F<sub>3</sub></b> (75% estiércol + 25 % fertilizante)	<b>1</b>	0.94	1.71	1.72	<b>1.50 a</b>
	<b>2</b>	1.10	1.69	1.72	
	<b>3</b>	1.12	1.76	1.74	
<b>F<sub>4</sub></b> (50% estiércol + 50 % fertilizante)	<b>1</b>	1.00	1.71	1.69	<b>1.51a</b>
	<b>2</b>	0.99	1.76	1.74	
	<b>3</b>	1.14	1.75	1.80	
<b>Promedio</b>		<b>0.99b</b>	<b>1.62a</b>	<b>1.66a</b>	<b>1.42</b>

Nota: a, b = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Después de realizar la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para analizar las distintas edades de corte, se ha aceptado la hipótesis alterna ( $H_a$ ), lo que sugiere que existen diferencias estadísticamente significativas entre las edades de corte. Se observó que los valores medios del peso del tallo para E3 ( $1.66 \pm 0.21$ ) y E2 ( $1.62 \pm 0.18$ ) son estadísticamente similares entre sí, pero ambos son mayores que el valor obtenido para E1 ( $0.99 \pm 0.09$ ), se puede encontrar más detalles en la tabla 13 y los anexos.

Tras realizar la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para analizar la interacción entre los tipos de fertilizantes y las edades de corte, se ha aceptado la hipótesis nula ( $H_a$ ), lo que sugiere que existen diferencias estadísticamente significativas entre las distintas combinaciones de tipos de fertilizantes y edades de corte. Específicamente, se observó que la combinación de fertilizante (F1E3) muestra un peso de tallo mayor y diferente, con un promedio de 1.84 kg, en comparación con las otras combinaciones, se puede observar más detalles en la tabla 14 y los anexos adjuntos.

**Tabla 10** Prueba de Tukey para peso de tallo (tipos de fertilizantes/ edad de corte).

Tipos de fertilizantes	Edad de corte	Interacción (F/E)	Promedio
F <sub>1</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>3</sub>	1.84 a
F <sub>4</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>3</sub>	1.74 ab
F <sub>4</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>3</sub>	1.74 ab
F <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>3</sub>	1.73 ab
F <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>2</sub>	1.72 ab
F <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	1.67 b
F <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>3</sub>	1.33 c
F <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>2</sub>	1.33 c
F <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>1</sub>	1.05 d
F <sub>4</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>1</sub>	1.04 d
F <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>1</sub>	0.98 de
F <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>1</sub>	0.88 e

Nota: a, b, c, d, e = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes (p > 0.05).

#### d) Peso de la hoja (kg).

Después de realizar el ANOVA, se encontraron diferencias altamente significativas entre los tipos de fertilizantes y las edades de corte. Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas a nivel de la interacción entre el tipo de fertilizante y la edad de corte. Se observó que la variabilidad entre las unidades experimentales es homogénea, con un coeficiente de variabilidad del 3.98%. Además, el coeficiente de confiabilidad del modelo utilizado fue del 95%, lo que indica que el modelo es altamente confiable para explicar las relaciones entre las variables. Los detalles adicionales se encuentran disponibles en los anexos correspondientes.

Después de realizar la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05 para los tipos de fertilizantes, se acepta la hipótesis alterna (H<sub>a</sub>). Esto indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de fertilizantes. Específicamente, se encontró que el Fertilizante F<sub>1</sub>, F<sub>4</sub> y F<sub>3</sub> presentan valores promedio de peso de tallo estadísticamente iguales (0.99±0.14 kg, 0.98±0.15 kg, y 0.95±0.12 kg respectivamente), pero son mayores en comparación con el

Fertilizante F<sub>2</sub> (0.87±0.13 kg). Los detalles pueden encontrarse en la tabla 15 y en los anexos adjuntos.

**Tabla 11** Prueba de Tukey para peso de hoja, por tipos de fertilizantes y edad de corte.

Tipo de fertilizante		Edad de corte			Promedio
		E <sub>1</sub> (60 días)	E <sub>2</sub> (75 días)	E <sub>3</sub> (90 días)	
<b>F<sub>1</sub></b> (100% fertilizante)	<b>1</b>	0.82	1.00	1.12	<b>0.99 a</b>
	<b>2</b>	0.83	1.02	1.10	
	<b>3</b>	0.78	1.11	1.13	
<b>F<sub>2</sub></b> (100 % estiércol)	<b>1</b>	0.66	0.95	1.01	<b>0.87 b</b>
	<b>2</b>	0.69	0.89	1.00	
	<b>3</b>	0.70	0.93	1.02	
<b>F<sub>3</sub></b> (75% estiércol + 25 % fertilizante)	<b>1</b>	0.80	1.02	1.06	<b>0.95 a</b>
	<b>2</b>	0.79	1.00	1.02	
	<b>3</b>	0.78	0.98	1.10	
<b>F<sub>4</sub></b> (50% estiércol + 50 % fertilizante)	<b>1</b>	0.83	1.11	1.12	<b>0.98 a</b>
	<b>2</b>	0.86	1.00	1.13	
	<b>3</b>	0.79	0.98	1.03	
<b>Promedio</b>		<b>0.78c</b>	<b>1.00b</b>	<b>1.07a</b>	<b>0.95</b>

Nota: a, b, c = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes (p > 0.05).

Tras realizar la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05 para las edades de corte, se acepta la hipótesis alterna (H<sub>a</sub>). Este resultado señala que existen diferencias estadísticamente significativas entre las edades de corte. Específicamente, se observó que el valor más alto corresponde a la Edad de corte E<sub>3</sub> (1.07±0.05), seguido por E<sub>2</sub> (1.00±0.06) y luego por E<sub>1</sub> (0.78±0.06). Para más detalles, se puede consultar la tabla 15 y los anexos adjuntos.

**Tabla 12 Prueba de Tukey para peso de tallo, (tipos de fertilizantes/ edad de corte).**

Tipos de fertilizantes	Edad de corte	Interacción (F/E)	Promedio
F <sub>1</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>3</sub>	1.12 a
F <sub>4</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>3</sub>	1.09 ab
F <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>3</sub>	1.06 abc
F <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	1.04 abc
F <sub>4</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>2</sub>	1.03 abc
F <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>3</sub>	1.01 abc
F <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>2</sub>	1.00 bc
F <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>2</sub>	0.92 cd
F <sub>4</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>1</sub>	0.83 de
F <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>1</sub>	0.81 e
F <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>1</sub>	0.79 ef
F <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>1</sub>	0.68 f

Nota: a, b, c, d, e, f = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Tras analizar la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0.05 para la interacción entre tipos de fertilizantes y edades de corte, se ha aceptado la hipótesis alterna ( $H_a$ ). Este resultado indica que existen diferencias estadísticas significativas entre las distintas combinaciones. Específicamente, se encontró que la combinación F<sub>1</sub>E<sub>3</sub> presentó un valor más alto y diferente en comparación con las otras combinaciones.

#### e) Relación hoja: tallo

Tras realizar el ANOVA, se han encontrado diferencias altamente significativas entre los tipos de fertilizantes, las edades de corte y su interacción. Se ha observado una uniformidad en la variabilidad entre las unidades experimentales, con un coeficiente de variabilidad del 6.99%. Además, el coeficiente de confiabilidad del modelo utilizado es del 83%, lo que indica una fiabilidad aceptable en la explicación de las relaciones entre las variables.

Al realizar el análisis a través de la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para comparar los tipos de fertilizantes, se ha aceptado la hipótesis alterna ( $H_a$ ). Este resultado indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tipos de fertilizantes. Específicamente, se ha observado que el Fertilizante F2 es el

único que difiere significativamente de F3, con valores de  $0.74\pm 0.04$  y  $0.65\pm 0.09$ , respectivamente. Los demás tipos de fertilizantes, F1 y F4, no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, con valores de  $0.69\pm 0.11$  y  $0.67\pm 0.11$ , respectivamente, ver tabla 17 y anexos correspondientes.

**Tabla 13** Prueba de Tukey para relación hoja: tallo, por tipos de fertilizantes y edad de corte.

Tipo de fertilizante		Edad de corte			Promedio
		E <sub>1</sub> (60 días)	E <sub>2</sub> (75 días)	E <sub>3</sub> (90 días)	
<b>F<sub>1</sub></b> (100% fertilizante)	<b>1</b>	0.80	0.62	0.62	<b>0.69 ab</b>
	<b>2</b>	0.90	0.61	0.60	
	<b>3</b>	0.78	0.65	0.60	
<b>F<sub>2</sub></b> (100 % estiércol)	<b>1</b>	0.77	0.73	0.75	<b>0.74 a</b>
	<b>2</b>	0.78	0.67	0.74	
	<b>3</b>	0.78	0.67	0.78	
<b>F<sub>3</sub></b> (75% estiércol + 25 % fertilizante)	<b>1</b>	0.85	0.60	0.62	<b>0.65 b</b>
	<b>2</b>	0.72	0.59	0.59	
	<b>3</b>	0.70	0.56	0.63	
<b>F<sub>4</sub></b> (50% estiércol + 50 % fertilizante)	<b>1</b>	0.83	0.65	0.66	<b>0.67 b</b>
	<b>2</b>	0.87	0.57	0.65	
	<b>3</b>	0.69	0.56	0.57	
<b>Promedio</b>		<b>0.79a</b>	<b>0.62b</b>	<b>0.65b</b>	<b>0.69</b>

Nota: a, b, c, d = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Después de realizar la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para analizar la variable de edad de corte, se ha aceptado la hipótesis alterna ( $H_a$ ). Esto indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre las edades de corte. Se ha observado que el valor de la hierba en E1 es superior ( $0.79\pm 0.07$ ) en comparación con E3 ( $0.65\pm 0.07$ ) y E2 ( $0.62\pm 0.05$ ). No obstante, estos dos últimos valores son estadísticamente similares entre sí. Puedes encontrar más detalles en la tabla 17 y los anexos adjuntos.

Realizado la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para analizar la interacción entre tipos de fertilizantes y edades de corte, se ha aceptado la hipótesis alterna ( $H_a$ ). Esto

indica que existen diferencias estadísticas significativas entre las diferentes combinaciones. En particular, se ha observado que la combinación F<sub>1</sub>E<sub>1</sub> presenta un valor más alto (0.83) y es estadísticamente diferente de las otras combinaciones. Además, se han identificado igualdades y diferencias estadísticas escalonadas entre las diversas interacciones. Puedes obtener más información en la tabla 18 y los anexos adjuntos.

**Tabla 14** Prueba de Tukey para relación hoja: tallo, (tipos de fertilizantes/ edad de corte).

Tipos de fertilizantes	Edad de corte	Interacción (F/E)	Promedio Interacción (F/E)
F <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>1</sub>	0.83a
F <sub>4</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>1</sub>	0.80 a
F <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>1</sub>	0.78 a
F <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>3</sub>	0.76 ab
F <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>1</sub>	0.76 ab
F <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>2</sub>	0.69 abc
F <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	0.63 bc
F <sub>4</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>3</sub>	0.63 bc
F <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>3</sub>	0.61 c
F <sub>1</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>3</sub>	0.61 c
F <sub>4</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>2</sub>	0.59 c
F <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>2</sub>	0.58 c

Nota: a, b, c = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes (p > 0.05).

#### 4.3.2. Para el comportamiento productivo.

##### a. Rendimiento de materia verde (forraje) (kg/m<sup>2</sup>).

Se han observado diferencias altamente significativas tanto en los tipos de fertilizantes como en las edades de corte, así como en las interacciones entre ellos, según lo revelado por el análisis de varianza (ANOVA). Es notable destacar que los resultados muestran una uniformidad en el coeficiente de variabilidad entre las unidades experimentales (C.V. = 3.99%). Además, la confiabilidad de los datos se respalda con un

coeficiente de determinación ( $r^2 = 0.96\%$ ), indicando una alta concordancia entre los datos observados y el modelo utilizado. Para obtener información más detallada, se recomienda consultar los anexos adjuntos.

La prueba de Tukey, con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , ha conducido al rechazo de la hipótesis nula ( $H_0$ ), indicando diferencias estadísticas significativas entre los tipos de fertilizantes. Se ha observado que el rendimiento de forraje del fertilizante F1 supera a los rendimientos de los fertilizantes F4, F3 y F2, con valores de  $3.62 \pm 0.46$  kg/m<sup>2</sup>,  $3.40 \pm 0.48$  kg/m<sup>2</sup>,  $3.03 \pm 0.32$  kg/m<sup>2</sup> y  $2.81 \pm 0.43$  kg/m<sup>2</sup>, respectivamente. Además, se ha detectado una tendencia escalonada en los rendimientos de los fertilizantes F4, F3 y F2. Estos resultados detallados se encuentran en la tabla 19 y los anexos adjuntos al estudio.

**Tabla 15** Prueba de Tukey para materia verde, por tipos de fertilizantes y edad de corte.

Tipo de fertilizante		Edad de corte			Promedio
		E <sub>1</sub> (60 días)	E <sub>2</sub> (75 días)	E <sub>3</sub> (90 días)	
<b>F<sub>1</sub></b> (100% fertilizante)	<b>1</b>	2.90	3.85	3.95	<b>3.62 a</b>
	<b>2</b>	3.22	3.72	3.98	
	<b>3</b>	3.02	3.83	4.15	
<b>F<sub>2</sub></b> (100 % estiércol)	<b>1</b>	2.23	2.75	3.10	<b>2.81 d</b>
	<b>2</b>	2.36	2.80	3.32	
	<b>3</b>	2.40	2.84	3.45	
<b>F<sub>3</sub></b> (75% estiércol + 25 % fertilizante)	<b>1</b>	2.60	3.10	3.62	<b>3.03 c</b>
	<b>2</b>	2.72	2.94	3.28	
	<b>3</b>	2.74	3.12	3.15	
<b>F<sub>4</sub></b> (50% estiércol + 50 % fertilizante)	<b>1</b>	2.74	3.64	3.92	<b>3.40 b</b>
	<b>2</b>	2.82	3.56	3.68	
	<b>3</b>	2.85	3.42	3.97	
<b>Promedio</b>		<b>2.72c</b>	<b>3.30b</b>	<b>3.63a</b>	<b>3.32</b>

Nota: a, b, c, d = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Tras llevar a cabo la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  para la variable de edad de corte, se ha aceptado la hipótesis alterna

(Ha). Se ha observado que el rendimiento de forraje en la etapa de corte E<sub>3</sub> (3.63±0.36) es superior al de E<sub>2</sub> (3.30±0.42) y E<sub>1</sub> (2.72±0.28), y que, a su vez, E<sub>2</sub> presenta un rendimiento mayor que E<sub>1</sub>. Todos estos resultados están detallados en la tabla 19 y los anexos correspondientes al estudio.

Tras realizar la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  para la interacción entre tipos de fertilizantes y edades de corte en el rendimiento de forraje, se ha aceptado la hipótesis alterna (Ha). Específicamente, se ha identificado que la combinación de fertilizante F<sub>1</sub> y edad de corte E<sub>3</sub> sobresale al presentar un rendimiento mayor y distinto, alcanzando los 4.03 kg/m<sup>2</sup>. Este valor contrasta con el rendimiento observado en las otras combinaciones. Todos estos resultados se detallan en la tabla 20 y los anexos correspondientes al estudio.

**Tabla 16** Prueba de Tukey para materia verde, (tipos de fertilizantes/ edad de corte).

Tipos de fertilizantes	Edad de corte	Interacción (F/E)	Promedio
F <sub>1</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>3</sub>	4.03 a
F <sub>4</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>3</sub>	3.86 ab
F <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	3.80 ab
F <sub>4</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>2</sub>	3.54 bc
F <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>3</sub>	3.35 cd
F <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>3</sub>	3.29 cd
F <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>2</sub>	3.05 de
F <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>1</sub>	3.05 de
F <sub>4</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>1</sub>	2.80 e
F <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>2</sub>	2.80 e
F <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>1</sub>	2.69 ef
F <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>1</sub>	2.33 f

Nota: a, b, c, d, e, f = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

#### b. Rendimiento de materia seca (kg/m<sup>2</sup>).

El ANOVA ha demostrado la existencia de diferencias altamente significativas entre los tipos de fertilizantes, las edades de corte y sus interacciones. Es importante resaltar que se ha observado una uniformidad

en la variabilidad entre las unidades experimentales, con un coeficiente de variación (C.V.) del 4.01%. Además, los datos muestran un alto nivel de confiabilidad, respaldado por un coeficiente de determinación ( $r^2 = 0.97\%$ ). Para obtener detalles adicionales, se puede hacer referencia a la tabla 6 y a los anexos adjuntos al estudio.

**Tabla 17** Prueba de Tukey para materia seca, por tipos de fertilizantes y edad de corte.

Tipo de fertilizante		Edad de corte			Promedio
		E <sub>1</sub> (60 días)	E <sub>2</sub> (75 días)	E <sub>3</sub> (90 días)	
<b>F<sub>1</sub></b> (100% fertilizante)	<b>1</b>	0.70	0.96	1.01	<b>0.91 a</b>
	<b>2</b>	0.78	0.93	1.02	
	<b>3</b>	0.73	0.96	1.07	
<b>F<sub>2</sub></b> (100 % estiércol)	<b>1</b>	0.54	0.69	0.80	<b>0.70 d</b>
	<b>2</b>	0.57	0.70	0.85	
	<b>3</b>	0.58	0.71	0.89	
<b>F<sub>3</sub></b> (75% estiércol + 25 % fertilizante)	<b>1</b>	0.63	0.78	0.93	<b>0.76 c</b>
	<b>2</b>	0.65	0.74	0.84	
	<b>3</b>	0.66	0.78	0.81	
<b>F<sub>4</sub></b> (50% estiércol + 50 % fertilizante)	<b>1</b>	0.66	0.91	1.01	<b>0.85 b</b>
	<b>2</b>	0.68	0.89	0.95	
	<b>3</b>	0.69	0.86	1.02	
<b>Promedio</b>		<b>0.65c</b>	<b>0.83b</b>	<b>0.93a</b>	<b>0.80</b>

Nota: a, b, c, d = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

La prueba de Tukey, con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , ha demostrado la presencia de diferencias estadísticas significativas entre los tipos de fertilizantes. Se ha constatado que el rendimiento de materia seca del fertilizante F1 sobrepasa el rendimiento de los fertilizantes F4, F3 y F2, con valores de  $0.91 \pm 0.14$  kg/m<sup>2</sup>,  $0.85 \pm 0.14$  kg/m<sup>2</sup>,  $0.76 \pm 0.10$  kg/m<sup>2</sup> y  $0.70 \pm 0.13$  kg/m<sup>2</sup>, respectivamente. Además, se ha observado una tendencia escalonada en los rendimientos de los fertilizantes F4, F3 y F2. Estos

resultados específicos están disponibles en la tabla 19 y los anexos adjuntos al estudio.

Después de realizar la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  para la variable de edad de corte, se ha rechazado la hipótesis nula ( $H_0$ ). Se ha observado que el rendimiento de forraje en la etapa de corte  $E_3$  ( $0.93 \pm 0.09$ ) es superior al de  $E_2$  ( $0.83 \pm 0.10$ ) y  $E_1$  ( $0.65 \pm 0.07$ ), y que, a su vez,  $E_2$  presenta un rendimiento mayor que  $E_1$ . Todos estos resultados específicos están detallados en la tabla 19 y los anexos correspondientes al estudio.

**Tabla 18** Prueba de Tukey para materia seca, (tipos de fertilizantes/ edad de corte).

Tipos de fertilizantes	Edad de corte	Interacción (F/E)	Promedio
F <sub>1</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>3</sub>	1.03 a
F <sub>4</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>3</sub>	0.99 ab
F <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	0.95 ab
F <sub>4</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>2</sub>	0.89 bc
F <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>3</sub>	0.86 cd
F <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>3</sub>	0.85 cd
F <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>2</sub>	0.77 de
F <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> E <sub>1</sub>	0.74 ef
F <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>2</sub>	0.70 ef
F <sub>4</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>4</sub> E <sub>1</sub>	0.68 ef
F <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>3</sub> E <sub>1</sub>	0.65 f
F <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	F <sub>2</sub> E <sub>1</sub>	0.56 g

Nota: a, b, c, d, e, f, g = Letras iguales son iguales estadísticamente, letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Después de llevar a cabo la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  para la interacción (tipos de fertilizantes por edades de corte) en el rendimiento de materia seca, se ha rechazado la hipótesis nula ( $H_0$ ). En particular, se ha destacado que la combinación de fertilizante ( $F_1E_3$ ) sobresale al exhibir un rendimiento mayor y significativamente diferente, alcanzando los  $1.03 \text{ kg/m}^2$ . Este valor contrasta con los rendimientos observados en las otras combinaciones.

Todos estos hallazgos específicos se encuentran detallados en la tabla 22 y los anexos correspondientes al estudio.

#### **4.4. Discusión de resultados**

##### **4.4.1. Para la evaluación del comportamiento agronómico.**

###### **a) Altura de la planta (cm).**

Los resultados resaltan la influencia significativa de distintos tipos de fertilizantes en la altura de las plantas de Cuba 22. Específicamente, se observa que el uso del fertilizante comercial (F<sub>1</sub>) promueve un mayor crecimiento en altura en comparación con otras variantes. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Vargas Rojas, J. C. & Carvajal Suárez, I. (2023), quienes encontraron que, a los 45 días después de la siembra, no se registraron diferencias significativas en la altura entre las distancias de siembra de 70 cm, 85 cm y 100 cm, con medidas de 1.83 m, 1.72 m y 1.69 m, respectivamente. Sin embargo, a los 70 días después de la siembra, se observó un aumento notable ( $p < 0.0194$ ) en comparación con los 45 días. Además, se encontró que la distancia de siembra de 70 cm (2.69 m) difirió significativamente de las distancias de 85 cm (2.23 m) y 100 cm (2.29 m), que no presentaron diferencias entre sí.

Por otro lado, Maldonado et al. (2019) señalan que la altura de las plantas aumentó gradualmente durante el periodo de evaluación, siendo menor a los 30 días de corte con 43 cm y alcanzando su máximo a los 110 días con 243 cm. Observaron un patrón similar en la radiación interceptada, con un notable incremento del 35% al 95% entre los días 30 y 70, seguido de una disminución hasta el 98% a los 110 días después del corte.

Martínez et al. (2009) describen que los tallos se caracterizan por su baja estatura durante el período seco, llegando a medir 85 cm a los 90 días. Por su parte, Pastrana y Alonso (2015) reportaron alturas de planta en distintos días de corte, con mediciones que oscilan entre 2.57 m y 3.93 m. Además, Morocho (2020) sugiere realizar el corte a los 60 días para obtener una mayor altura de planta, alcanzando los 2.42 m.

En cuanto a los resultados de Jara Rachel (2023), se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la altura de las plantas entre los diferentes períodos de corte. La altura máxima se registró a los 120 días, con un promedio de 1.3 metros, mientras que a los 30 días fue de 0.5 metros.

**b) Número de hojas y tallos.**

Se evidencia una influencia significativa de los fertilizantes en la producción de hojas y tallos por parte de las plantas. Específicamente, el fertilizante F1 ha mostrado inducir la mayor cantidad de hojas y tallos. Sin embargo, nuestros resultados son inferiores a los reportados por Jara Rachel (2023), quien observó un mayor número de hojas a los 120 días, con un promedio de 141, en comparación con las 78.1 hojas promedio a los 30 días. En cuanto al número de tallos, se registró un máximo de 18 a los 120 días, seguido de 17 a los 60 días y un mínimo de 8 a los 30 días.

Según Jara (2023), se registró un promedio de 141 hojas a los 120 días, considerando el conjunto de macollas, lo que resulta en valores superiores en comparación con otros autores. Por ejemplo, Palma y Raudez (2018) reportaron un promedio de 21.4 hojas a los 91 días, lo cual fue atribuido a condiciones climáticas adversas debido a la temporada seca. En contraste, para este estudio se tomaron las hojas completamente abiertas desde la base

hasta el punto apical. Además, Ramírez et al. (2011) mencionan que las altas temperaturas y bajas precipitaciones pueden interferir en la utilización del agua, disminuyendo así el crecimiento y desarrollo de la planta. Pastrana y Rivas (2015) registraron valores inferiores a los 84 días con 12 hojas, utilizando el fertilizante Nitro Xtend.

En relación al número de tallos, Jara (2023) observó que a los 30 días el promedio fue de 8.2 tallos, lo cual está vinculado con las características propias del pasto. Miranda et al. (2011) indican que el pasto Cuba OM 22 en edades tempranas presenta de 8 a 10 tallos para iniciar el proceso de formación de macollas. Por otro lado, Busque (2014) señala que los tallos dependen del estado externo de los tallos viejos para su supervivencia, ya que consumen nutrientes para crear la espiga. A los 120 días, se observó un promedio más alto de 18 tallos, resultados superiores a los reportados por Palmer y Raudez (2018), quienes encontraron un promedio de 9 tallos a los 98 días debido a condiciones de déficit hídrico.

**c) Peso del tallo (kg).**

Los hallazgos de este estudio resaltan la notable influencia de distintos tipos de fertilizantes en el peso del tallo de las plantas de Cuba 22. Específicamente, se ha observado que el uso del fertilizante F1 resulta en un incremento significativo en el peso del tallo en comparación con otras opciones evaluadas. No obstante, nuestros resultados divergen de los reportados por Jara (2023), quien registró el mayor peso de tallos a los 120 días con 457 g (equivalente a 16.6 g en base seca), cifra inferior a los 47.3 g en base a materia seca reportados por Maldonado-Peralta et al. (2019) a los 110 días.

Por otro lado, Pastrana y Rivas (2015) notificaron un valor menor de 0.30 kg (300 g) a los 90 días, atribuido a las condiciones del trópico seco donde se llevó a cabo la siembra. Además, Jara (2023) informó que a los 60 días se registró un promedio de 261.8 g en el peso del tallo.

**d) Peso de la hoja (kg).**

Los resultados de este estudio indican que el tipo de fertilizante ejerce una influencia significativa en el peso de las hojas de las plantas de Cuba 22. Específicamente, se ha observado que el uso del fertilizante F1 conlleva a un notable aumento en el peso de las hojas en comparación con otras opciones de fertilizantes evaluadas. Estos hallazgos contrastan con los datos proporcionados por Jara (2023), quien registró un peso máximo de hojas de 0.585 kg a los 120 días, cifra que supera los 0.40 kg reportados por Pastrana y Rivas (2015) a los 90 días en condiciones de trópico seco.

Además, Jara (2023) informó que a los 60 días se obtuvo un peso promedio de hojas de 0.498 kg. Al compararlo con el estudio de Arias (2012) sobre el Cuba CT-115, que registró un valor de 3.34 kg, se observa una diferencia considerable. Es importante señalar que en el estudio de Arias (2012) no se utilizó fertilizante, sino que solo se llevó a cabo un análisis del suelo.

Por otro lado, Vivas-Carmona et al. (2019) mencionan que el pasto Cuba CT-115 presenta un peso de hojas de 0.5 kg a los 56 días. Estos resultados resaltan la variabilidad en el peso de las hojas según el tipo de fertilizante utilizado y las condiciones ambientales.

**e) Relación hoja: tallo**

La influencia del tipo de fertilizante en la relación entre la cantidad de hojas y el peso del tallo es un aspecto notable destacado en este estudio. Específicamente, se ha observado que el uso del fertilizante F2 conduce a una relación hoja: tallo significativamente más alto en comparación con otras opciones de fertilizantes. Jara (2023) informa que el mayor promedio de la relación hoja: tallo se registró a los 120 días, alcanzando un valor de 1.45. Por el contrario, Maldonado-Peralta et al. (2019) reportaron un valor de 0.8 a los 110 días en un estudio donde no se utilizó fertilizante ni riego. A los 90 días, Pastrana y Rivas registraron un valor de 1.3.

Es importante destacar que la relación hoja: tallo es un indicador de la calidad de la pradera, siendo una relación mayor a 1 indicativa de una mejor calidad, ya que la cantidad de hojas supera al peso del tallo. En este sentido, Calzada et al. (2014) y Rojas et al. (2018) mencionan que a medida que los pastos tropicales crecen, la relación hoja: tallo tiende a disminuir debido al aumento de tallos y material muerto. Este fenómeno resalta la importancia de considerar tanto la cantidad de hojas como el peso del tallo al evaluar la calidad de la pradera y el impacto de los fertilizantes en esta relación.

**4.4.2. Para el comportamiento productivo.**

**a) Rendimiento de materia verde y seca (forraje) (kg/m<sup>2</sup>).**

Los resultados de este estudio resaltan el impacto significativo tanto de los diferentes tipos de fertilizantes como de las edades de corte en el rendimiento de materia verde y seca de las plantas de Cuba 22. En general, se observa que el uso del fertilizante F<sub>1</sub> conduce a un mayor rendimiento tanto en materia verde como en materia seca en comparación con otros

fertilizantes. Estos hallazgos coinciden con los informados por Jara (2023), quien señala una variación en la producción de forraje verde de 18.9 toneladas por hectárea por corte a los 30 días, aumentando a 62.52 toneladas por hectárea por corte a los 120 días. Sin embargo, estos resultados difieren ligeramente de los de Alfaro y Montoya (2020), quienes registraron valores de 19.5 y 49.56 toneladas por hectárea por corte a los 45 y 75 días, respectivamente, para el pasto Cuba OM-22. Además, la comparación con el rendimiento del pasto Cuba CT-115 a los 90 días, que fue de 185.33 toneladas por hectárea por corte según García y Díaz (2012), resalta diferencias en los rendimientos entre las especies.

Jara (2023) también informa un rendimiento promedio de 45.54 toneladas por hectárea por corte a los 60 días, un valor superior al estudio realizado por Vargas et al. (2022), quienes obtuvieron 61.80 toneladas por hectárea por corte a los 70 días. Además, Morocho (2020) registró un rendimiento promedio de 102.46 toneladas por hectárea por corte a los 60 días, lo que supera los resultados del presente estudio. Estas discrepancias pueden atribuirse a diferencias en las condiciones de cultivo y manejo agronómico entre los estudios.

En cuanto al rendimiento total de biomasa seca, se observa un aumento gradual desde el estadio de corte de 30 a 90 días, alcanzando un acumulado de 22,000 kg MS/ha, seguido de un crecimiento acelerado de 90 a 110 días, alcanzando 38,600 kg MS/ha. Esta tendencia se refleja en la curva sigmoidea del rendimiento total, con un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0.98, según Maldonado et al. (2019).

Por otro lado, Jara Rachel (2023) reporta una mayor producción de forraje verde a los 120 días de corte, alcanzando 62.52 toneladas por hectárea por corte. Aunque el contenido de materia seca varió entre los períodos de 30 y 120 días, no se encontraron diferencias estadísticas significativas. Además, Jara (2023) destaca un aumento del rendimiento de biomasa seca desde 256 kg/ha a los 15 días hasta 26,378 kg/ha a los 75 días de rebrote, lo que representa un incremento del 97 % en comparación con el rendimiento del primer corte (Andino y Pérez, 2012). Estos hallazgos subrayan la importancia del manejo adecuado de fertilizantes y edades de corte para maximizar el rendimiento de biomasa en pastos forrajeros.

## CONCLUSIONES

### a) Para la evaluación del comportamiento agronómico.

En concordancia con el Objetivo Específico 1, se concluye que el tipo de fertilizante y la edad de corte influyeron de manera altamente significativa ( $p < 0,05$ ) sobre las variables agronómicas del pasto Cuba OM-22, incluyendo altura de planta, número de hojas, número de tallos, peso de hoja, peso de tallo y relación hoja:tallo, evidenciando que el manejo agronómico condiciona de forma determinante su desarrollo morfoestructural.

La interacción entre fertilización comercial y edad de corte a los 90 días ( $F1 \times E3$ ) presentó el mejor desempeño agronómico, alcanzando los valores más elevados de altura de planta ( $119 \pm 1,0$  cm), número de hojas ( $49,67 \pm 2,08$ ) y número de tallos ( $13,33 \pm 0,58$ ), así como mayores pesos de tallo ( $1,84 \pm 0,04$  kg) y hoja ( $1,12 \pm 0,02$  kg), lo que refleja una mayor tasa de crecimiento y una eficiente acumulación de biomasa estructural en etapas avanzadas del rebrote.

La relación hoja:tallo fue significativamente superior en edades tempranas de corte, particularmente en E1 ( $0,58 \pm 0,02$ ), indicando una mayor proporción de tejido foliar y, por tanto, un mayor potencial de digestibilidad; sin embargo, esta condición se asoció con una menor producción total de biomasa, lo que resalta la necesidad de ajustar la edad de corte de acuerdo con el objetivo productivo del sistema forrajero.

En conjunto, los resultados agronómicos confirman que la interacción entre el tipo de fertilización y la edad de corte determina la arquitectura de la planta y la partición de biomasa del pasto Cuba OM-22, destacando la importancia de un manejo integrado de ambos factores bajo las condiciones de Oxapampa.

### b) Para el comportamiento productivo:

De acuerdo con el Objetivo Específico 2, el análisis productivo evidenció que tanto el tipo de fertilizante como la edad de corte influyeron significativamente ( $p < 0,05$ ) sobre

los rendimientos de materia verde y materia seca del pasto Cuba OM-22, confirmando la respuesta productiva diferencial del cultivo frente a los tratamientos evaluados.

El fertilizante comercial (F1) mostró la mayor eficiencia productiva, registrando rendimientos significativamente superiores de forraje verde y materia seca en comparación con los fertilizantes F2, F3 y F4, lo que confirma su mayor capacidad para promover la acumulación de biomasa total.

En relación con la edad de corte, los mayores rendimientos se obtuvieron a los 90 días (E3), seguidos por E2 y E1, lo que confirma que el incremento del periodo de rebrote favorece la acumulación de biomasa, aunque con efectos progresivos sobre la proporción foliar del forraje.

La interacción  $F1 \times E3$  fue la más productiva, alcanzando los mayores valores de materia verde ( $4,03 \pm 0,10 \text{ kg/m}^2$ ) y materia seca ( $1,03 \pm 0,03 \text{ kg/m}^2$ ), evidenciando un efecto sinérgico entre la fertilización comercial y la edad de corte avanzada.

En síntesis, los resultados confirman que la combinación adecuada del tipo de fertilización y la edad de corte constituye un factor clave para maximizar la producción de biomasa del pasto Cuba OM-22 en las condiciones agroecológicas de Oxapampa, aportando evidencia científica sólida para el manejo técnico de sistemas forrajeros orientados a la ganadería tropical de altura.

## RECOMENDACIONES

### a. Para el comportamiento agronómico:

- En función de los resultados obtenidos, se recomienda priorizar el uso del fertilizante comercial (F1), dado que presentó efectos estadísticamente superiores ( $p < 0,05$ ) sobre la altura de planta, número de hojas, número de tallos y peso de hoja y tallo, particularmente en la interacción  $F1 \times E3$ , lo que evidencia su mayor eficiencia para promover el desarrollo morfoestructural del pasto Cuba OM-22 bajo las condiciones de Oxapampa.
- Considerando que la mayor expresión del crecimiento vegetativo se alcanzó a los 90 días de rebrote (E3), se recomienda emplear esta edad de corte cuando el objetivo del sistema forrajero sea maximizar la acumulación de biomasa estructural; no obstante, esta práctica debe implementarse reconociendo el compromiso identificado entre mayor crecimiento y menor proporción foliar.
- En sistemas productivos que prioricen la calidad del forraje, se recomienda el uso de edades tempranas de corte (E1), particularmente en combinación con el fertilizante F1, ya que esta estrategia mostró la mayor relación hoja:tallo ( $0,58 \pm 0,02$ ), indicador directamente asociado a una mayor digestibilidad y valor nutritivo del forraje.
- A partir de la evidencia experimental, se recomienda ajustar la edad de corte en función del objetivo productivo específico del sistema (volumen de biomasa versus calidad nutritiva), evitando esquemas de corte uniformes, ya que la interacción fertilización–edad de corte demostró ser determinante en la arquitectura de la planta y en la partición de biomasa.

### b. Para el comportamiento productivo:

- Con base en los rendimientos significativamente superiores de materia verde y materia seca obtenidos con el fertilizante comercial (F1), se recomienda su adopción como la

fuerza de fertilización más eficiente para maximizar la productividad del pasto Cuba OM-22, superando estadísticamente a las alternativas F2, F3 y F4.

- Dado que la edad de corte a los 90 días (E3) registró los mayores rendimientos de materia verde y materia seca, se recomienda programar las cosechas a esta edad cuando el objetivo principal sea maximizar la producción de biomasa total, especialmente en sistemas orientados a la producción de reservas forrajeras o al abastecimiento de sistemas semi-intensivos e intensivos.
- La combinación F1 × E3, al presentar los mayores valores de materia verde ( $4,03 \pm 0,10$  kg/m<sup>2</sup>) y materia seca ( $1,03 \pm 0,03$  kg/m<sup>2</sup>), se recomienda como la estrategia de manejo más eficiente para optimizar el rendimiento productivo del pasto Cuba OM-22 por unidad de superficie en las condiciones agroecológicas de Oxapampa.
- Considerando la variabilidad ambiental y edáfica propia de la zona, se recomienda realizar evaluaciones periódicas del rendimiento y del estado del cultivo, a fin de ajustar oportunamente las dosis de fertilización y las edades de corte, garantizando la estabilidad productiva del sistema forrajero.
- Para sistemas que requieren un balance entre volumen de biomasa y calidad del forraje, se recomienda la aplicación del fertilizante F1 combinada con edades de corte intermedias (E2), las cuales mostraron rendimientos productivos aceptables y una proporción foliar moderada, constituyéndose en una alternativa técnica viable según los objetivos del productor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, J. (2011). *Evaluación del comportamiento productivo forrajero del Pennisetum sp. (Maralfalfa) aplicando diferentes niveles de casting*. (Trabajo de titulación), (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2011. pp. 40-46.
- Agencia agraria Oxapampa. 2024. *Reporte informativo anual de producción agrícola y pecuaria*. Dirección Regional Agraria Pasco. MINAGRI – Pasco.
- Alfaro, R., y Montoya, J. (2020). *Determinación de la capacidad productiva y valor nutricional del forraje Cuba OM-22 bajo condiciones del bosque húmedo tropical del Pacífico Central de Costa Rica*. Universidad Técnica Nacional.
- Andino, N. Y Pérez J. (2012). *Producción de biomasa y concentración de nutrientes en el pasto cubano (Pennisetum purpureum x P. tiphoides) CV CT – 115. Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas, Nicaragua*. Tesis de la Universidad Agraria – Nicaragua.
- Andino, N., & Pérez, J. (2012). *Evaluación productiva de gramíneas forrajeras en diferentes edades de rebrote*. Revista Agropecuaria Tropical, 18(2), 45–53.
- Araya, M.; & Boschini, C. (2005). *Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de Pennisetum purpureum en la meseta central de Costa Rica*". *Agronomía Mesoamericana*. [en línea]. Costa Rica, 2005. Vol. 16. N°. 1, pp. 37-43. [Consulta: 12 de octubre del 2022]. ISSN 737-97-006. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/5180/4980>
- Avalos, D. (2009). *Reproducción vegetativa del pasto maralfalfa (Pennisetum sp.) y su respuesta a la fertilización química y orgánica en la granja Laguacoto II, Cantón Guaranda, provincia Bolívar*. Tesis Ing. Guaranda, Ecuador. Universidad Estatal de Bolívar. 97 p.

- Bernal, J. (1994). *Pastos y Forrajes Tropicales. Producción y manejo. Banco Ganadero de Colombia*. 3ª Edición. 545 p.
- Busque, J; Herrero, M. (2014). Atributos funcionales de las plantas forrajeras y su implicación en el manejo de pasturas. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/228596164\\_Atributos\\_funcionales\\_de\\_las\\_plantas\\_forrajeras\\_y\\_su\\_implicacion\\_en\\_el\\_manejo\\_de\\_pasturas](https://www.researchgate.net/publication/228596164_Atributos_funcionales_de_las_plantas_forrajeras_y_su_implicacion_en_el_manejo_de_pasturas)
- Caballero, A., Martínez, R., Hernández, M.; & Navarro, M. (2016). *Caracterización del rendimiento y la calidad de cinco accesiones de Cenchrus purpureus (Schumach.) Morrone*, Pastos y Forrajes. [en línea]. Cuba, 2016. Vol. 39. N°. 2, pp. 94-101. [Consulta: 12 de octubre del 2022]. ISSN 0864-0394. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v39n2/pyf03216.pdf>
- Calzada, J, M.; Quiroz, J.F.; Hernández, A. Ortega, E.J, y Pedroza, S.I. 2014. Análisis de crecimiento del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* spp) en clima cálido subhúmedo. *Revista mexicana en ciencias pecuarias*, 2014; 5(2): 247-260.
- Casanova, E.; Figueredo, Y.; Soto, R.; Novoa, R.; Valera, R. (2006). *Efecto de la frecuencia de corte en el comportamiento de Pennisetum purpureum cv. Cuba CT – 115 en el periodo poco lluvioso*. *Rev. Cubana Cienc.Agric.* 40:465
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie) (1981). *Producción y Utilización de Forrajes en el Trópico. Programa de Producción Animal*. Turrialba, Costa Rica. N° 10, 190 p.
- Cruz, M., Herrera, P., & Saldaña, R. (2020). *Patrones de crecimiento y acumulación de biomasa en híbridos de Pennisetum*. *Revista de Pastos Tropicales*, 12(1), 25–34.
- De Souza, J.O., GR. (2007). *Influência de espaçamentos e da época de corte na produção de biomassa e valor nutricional de Tithonia diversifolia (Hemsl) Gray*: Tesis de maestrado,

Universidade de Marília —UNIMAR—, Faculdade de Ciências Agrárias, São Paulo, Brasil.

Dean, D. Y Clavero, T. (1992). *Características del Crecimiento del Pasto Elefante Enano (Pennisetum purpureum cv. Mott)*. En revista de Agronomía (Luz- Venezuela) 9:25 – 34 p.

Febles, G., Suárez, X., Herrera, R.; & Martínez, R. (2007). *Caracterización botánica de clones de King grass (Pennisetum purpureum). Empleo de descriptores morfológicos*. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. [en línea]. Cuba, 2007. Vol. 41. N°.4, pp. 385-390. [Consulta: 16 de diciembre del 2019]. ISSN 0034-7485. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017712016>

Fernández, B. (1992). *Avances de la Producción de Leche y Carne en el Trópico Americano*. FAO. Santiago de Chile. 504 p.

Gallego-Castro, Luis Alberto, Mahecha-Ledesma, Liliana, & Angulo-Arizala, Joaquín. (2014). Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl: A Gray en la producción de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 393-403. Retrieved November 15, 2025, from [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212014000200017&lng=en&tlng=](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212014000200017&lng=en&tlng=).

García Jarquín, Ismael and Díaz Díaz, Marvin Alberto (2012) *Comportamiento agronómico del pasto Cuba CT-115 (Pennisetum purpureum) ante diferentes aplicaciones de Urea 46% en la comarca Cuisalá, Comalapa, Chontales*. Ingeniería thesis, Universidad Nacional Agraria, UNA.

Gómez, L., & Rodríguez, A. (2018). *Rendimiento de biomasa en gramíneas tropicales bajo distintas frecuencias de corte*. Journal of Tropical Forage Science, 5(3), 110–118.

- Hernández, M. y Guenni, O. (2008). *Producción de biomasa y calidad nutricional del estrato graminoide en un sistema silvopastoril dominado por samán (Samanea saman (Jacq) Merr)*. *Zootecnia Trop.* 26: 439-453.
- Jara Rachel. (2023). Características de crecimiento del pasto cuba om-22 (Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum) en condiciones edafoclimáticas de La Estación Experimental “El Padmi” de la Universidad Nacional de Loja. Trabajo de Tesis. Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Maldonado María, Rojas Adelaido, Sánchez Paulino, Bottini María, Torres- Nicolas, Ventura, Joaquín Santiago, Luna Milton. (2019). Análisis de crecimiento del pasto Cuba OM-22 (Pennisetum purpureum xPennisetum glaucum) en el trópico seco. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia N°2. Universidad Autónoma de Guerrero. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1445>.
- Martínez R.O. y Herrera R.S. (2005) Empleo del Cuba CT-115 para solucionar el déficit de alimentos durante la seca. In Herrera R.S., ed. *Pennisetum purpureum para la ganadería tropical*. CD-ROM Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba
- Martínez, F., Delgado, E., & Paredes, H. (2021). *Acumulación de materia seca en pastos megatérmicos bajo fertilización nitrogenada*. *Ciencia y Producción Animal*, 16(2), 89–98.
- Martínez, R. (2009). Caracteres distintivos de las variedades de la especie Pennisetum Purpureum y los híbridos P purpureum X P. glaucum. Mayabeque, Cuba: ICA.
- Martínez, R. O.; Herrera, R. S.; Tuero, R. T. & Padilla, C. (2010). *Conozca las variedades de hierba elefante Cuba CT-115, Cuba CT-169 y Cuba OM-22 (Pennisetum sp.)*. *Revista de ACPA*. 2 (3):1. Cuba.

- Martínez, R. R., Herrera, R., Tuero, R., & Padilla, C. (2009). Hierva elefante variedades Cuba CT-115, Cuba CT-169 y Cuba OM-22 (*Pennisetum* sp). *Revista Cubana De Ciencia Agrícola*, 2, 47.
- Martínez, R.O., Tuero, R., Torres, V., Herrera, R.S. (2010). *Modelos de acumulación de biomasa y calidad en las variedades de hierba elefante, Cuba CT-169, OM – 22 y King grass durante la estación lluviosa en el occidente de Cuba*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 44, Número 2, 2010, página.189.
- Miranda M; Ayala Yera, J.R; y Nuñez, J.D. (2011). Evaluación agroproductiva del Cuba OM22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) en el suelo pardo grisáceo ócrico en el período poco lluvioso en las tunas. <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2012/lyn.pdf>
- Morocho, G. (2020). Composición nutricional del pasto híbrido Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum schumach* x *Pennisetum glaucum* L.) a tres edades de corte. Tesis de grado no publicada, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Murgueito, E., Rosales, M., Gómez, M.E. (2023). *Agroforestería para la producción animal sostenible*. 3. Ed. CIPAV. Cali, Colombia.
- Murillo, R., Chacón, E., Ramírez, J., Álvarez, G., Álvarez, P., Plúa, K.; & Álava, A. (2015). *Rendimiento y calidad de dos especies del género Pennisetum en Ecuador*. REDVET. [en línea]. Ecuador, 2015. Vol. 16. N°. 8, pp. 1-10. [Consulta: 06 de noviembre del 2019]. ISSN 1695-7504. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63641401005>
- Palma, D & Raudez, M. (2018). Características de dos cultivares *Pennisetum* sp. Cuba CT169 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum tiphoides*) y Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) Managua, 2016. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

- Pastrana, C., & Alonso, L. (2015). Caracterización fenotípica de dos variedades de pastos, *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum* (Cuba OM-22) y *Pennisetum purpureum* (Cuba CT-169), en condiciones del trópico seco, El Plantel-2014. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Peter, G., Funk, F., Loydi, A., Casalini, A.; & Leder, C. (2012). *Variación de la composición y cobertura específicas del pastizal bajo diferentes presiones de pastoreo en el Monte Rionegrino*. *Phyton*. [en línea]. Argentina, 2012. Vol. 81. N°. 1, pp. 233-237. [Consulta: 30 de diciembre del 2019]. ISSN 0031 - 9457. Disponible en: [http://produccionanimal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas%20naturales/189-monte\\_rionegrino.pdf](http://produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20naturales/189-monte_rionegrino.pdf).
- Pezo, D. y F.J. García. (2018). *Uso Eficiente de Fertilizantes en Pasturas*, Boletín técnico. CATIE, Turrialba Costa Rica. [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9227/Uso\\_eficiente\\_de\\_fertilizantes\\_en\\_pasturas.pdf](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9227/Uso_eficiente_de_fertilizantes_en_pasturas.pdf) (consultado 15 mayo del 2021).
- Ramírez, J.; Verdecia, D.; Leonard, I. (2008). Rendimiento y caracterización química del *Pennisetum cuba* CT – 169 en un suelo pluviosol (en línea). *REDVET* 9(5): 4-8. Consultado el 23 de octubre del 2010. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050508/050806.pdf>
- Ramírez, J.L; Herrera, R.S; Leonard, I; Cisneros, M; Verdecia, D; y Álvarez, Y. (2011). Relación entre factores climáticos, rendimiento y calidad de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169 en el valle del Cauto, Cuba. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193022270013.pdf>
- Rivera, R. (2017). *Evaluación de dos sistemas y cuatro distancias de siembra del pasto King grass morado (Pennisetum purpureum), en la zona de Babahoyo, provincia de Los Ríos*. [en línea]. (Trabajo de titulación), (Ingeniería). Universidad Técnica De

Babahoyo. Babahoyo- Ecuador. 2017. pp. 16-18. [Consulta: 08 de octubre del 2022].

Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3371>

Romero, N. R. Febres, O. A Y González, B. (2004). *Efecto de la adición de urea sobre la composición química y la digestibilidad in Vitro de la materia seca de heno de Brachiariahumidicola(Rendle) Schweick cosechado a diferentes edades*. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 12(Supl. 2):52–58.

Suasnabar O, Toralva M y Tongo F, 2016. Caracterización física y química de suelo del Centro experimental de Peñaflo. UNDAC.

Torres, J., & Villacrés, M. (2017). *Curvas de crecimiento en híbridos forrajeros de Pennisetum purpureum*. Revista Ciencia Pecuaria, 9(1), 14–22.

Vargas Rojas, J. C. & Carvajal Suárez, I. (2023). Productividad del pasto Cuba OM-22 bajo diferentes densidades de siembra y frecuencias de cosecha. InterSedes, 24(49), 216-237.

Vivas-Carmona., et al. (2019). Evaluación de cuatro genotipos de pasto elefante en Calabozo estado Guárico, Venezuela.

## **ANEXOS**

# INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

## Anexo 1. DATOS PROCESADOS

Nueva tabla : 11/04/2024 - 09:57:42 a. m. - [Versión : 30/04/2020]

### Análisis de la varianza

### ALTURA DE PLANTA

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ALTURA DE PLANTA	36	0.99	0.98	3.20

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12846.75	11	1167.89	150.70	<0.0001
TIPO DE FERTILIZANTE	6258.31	3	2086.10	269.17	<0.0001
EDAD DE CORTE	6486.17	2	3243.08	418.46	<0.0001
TIPO DE FERTILIZANTE*EDAD ..	102.28	6	17.05	2.20	0.0785
Error	186.00	24	7.75		
Total	13032.75	35			

#### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.62022

Error: 7.7500 gl: 24

TIPO DE FERTILIZANTE	Medias	n	E.E.	
F1	102.78	9	0.93	A
F4	96.67	9	0.93	B
F3	77.33	9	0.93	C
F2	70.89	9	0.93	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

#### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.83820

Error: 7.7500 gl: 24

EDAD DE CORTE	Medias	n	E.E.	
E3	102.83	12	0.80	A
E2	87.92	12	0.80	B
E1	70.00	12	0.80	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

#### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=8.19570

Error: 7.7500 gl: 24

TIPO DE FERTILIZANTE	EDAD DE CORTE	Medias	n	E.E.				
F1	E3	119.00	3	1.61	A			
F4	E3	115.67	3	1.61	A			
F1	E2	104.67	3	1.61		B		
F4	E2	95.00	3	1.61			C	
F3	E3	90.67	3	1.61			C	D
F2	E3	86.00	3	1.61				D E
F1	E1	84.67	3	1.61			D	E
F3	E2	80.67	3	1.61				E
F4	E1	79.33	3	1.61				E F
F2	E2	71.33	3	1.61				F
F3	E1	60.67	3	1.61				G
F2	E1	55.33	3	1.61				G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

## NUMERO DE HOJAS (N°)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
NUMERO DE HOJAS (N°)	36	0.96	0.94	5.27

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1947.89	11	177.08	51.83	<0.0001
TIPO DE FERTILIZANTE	642.33	3	214.11	62.67	<0.0001
EDAD DE CORTE	1293.39	2	646.69	189.28	<0.0001
TIPO DE FERTILIZANTE*EDAD ..	12.17	6	2.03	0.59	0.7324
Error	82.00	24	3.42		
Total	2029.89	35			

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.40373

Error: 3.4167 gl: 24

TIPO DE FERTILIZANTE	Medias	n	E.E.	
F1	40.89	9	0.62	A
F4	36.11	9	0.62	B
F3	34.11	9	0.62	B
F2	29.11	9	0.62	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.88449

Error: 3.4167 gl: 24

EDAD DE CORTE	Medias	n	E.E.	
E3	42.58	12	0.53	A
E2	34.67	12	0.53	B
E1	27.92	12	0.53	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.44173

Error: 3.4167 gl: 24

TIPO DE FERTILIZANTE	EDAD DE CORTE	Medias	n	E.E.								
F1	E3	49.67	3	1.07	A							
F4	E3	43.00	3	1.07		B						
F3	E3	41.33	3	1.07		B	C					
F1	E2	40.33	3	1.07		B	C	D				
F2	E3	36.33	3	1.07			C	D	E			
F4	E2	35.67	3	1.07				D	E			
F3	E2	34.00	3	1.07					E	F		
F1	E1	32.67	3	1.07					E	F		
F4	E1	29.67	3	1.07						F	G	
F2	E2	28.67	3	1.07						F	G	
F3	E1	27.00	3	1.07							G	H
F2	E1	22.33	3	1.07								H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## CANTIDAD DE TALLOS (UNIDAD)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CANTIDAD DE TALLOS (UNIDAD..	36	0.96	0.94	7.83

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	250.89	11	22.81	48.30	<0.0001
TIPO DE FERTILIZANTE	25.11	3	8.37	17.73	<0.0001
EDAD DE CORTE	222.72	2	111.36	235.82	<0.0001
TIPO DE FERTILIZANTE*EDAD ..	3.06	6	0.51	1.08	0.4028
Error	11.33	24	0.47		
Total	262.22	35			

#### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.89363

Error: 0.4722 gl: 24

TIPO DE FERTILIZANTE	Medias	n	E.E.	
F1	10.00	9	0.23	A
F4	8.89	9	0.23	B
F3	8.56	9	0.23	B C
F2	7.67	9	0.23	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.70059

Error: 0.4722 gl: 24

EDAD DE CORTE	Medias	n	E.E.	
E3	11.92	12	0.20	A
E2	8.58	12	0.20	B
E1	5.83	12	0.20	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.02306

Error: 0.4722 gl: 24

TIPO DE FERTILIZANTE	EDAD DE CORTE	Medias	n	E.E.						
F1	E3	13.33	3	0.40	A					
F4	E3	12.33	3	0.40	A	B				
F3	E3	11.67	3	0.40	A	B	C			
F2	E3	10.33	3	0.40		B	C	D		
F1	E2	10.00	3	0.40			C	D		
F4	E2	8.67	3	0.40				D	E	
F3	E2	8.33	3	0.40				D	E	
F2	E2	7.33	3	0.40					E	F
F1	E1	6.67	3	0.40					E	F
F4	E1	5.67	3	0.40						F
F3	E1	5.67	3	0.40						F
F2	E1	5.33	3	0.40						F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## PESO DE TALLO (kg)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PESO DE TALLO (kg)	36	0.99	0.98	3.56

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.22	11	0.38	149.72	<0.0001
TIPO DE FERTILIZANTE	0.69	3	0.23	89.75	<0.0001
EDAD DE CORTE	3.38	2	1.69	660.01	<0.0001
TIPO DE FERTILIZANTE*EDAD ..	0.15	6	0.02	9.61	<0.0001
Error	0.06	24	2.6E-03		
Total	4.28	35			

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.06585

Error: 0.0026 gl: 24

TIPO DE FERTILIZANTE	Medias	n	E.E.
F4	1.51	9	0.02 A
F3	1.50	9	0.02 A
F1	1.50	9	0.02 A
F2	1.18	9	0.02 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.05162

Error: 0.0026 gl: 24

EDAD DE CORTE	Medias	n	E.E.
E3	1.66	12	0.01 A
E2	1.62	12	0.01 A
E1	0.99	12	0.01 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.14907

Error: 0.0026 gl: 24

TIPO DE FERTILIZANTE	EDAD DE CORTE	Medias	n	E.E.
F1	E3	1.84	3	0.03 A
F4	E3	1.74	3	0.03 A B
F4	E2	1.74	3	0.03 A B
F3	E3	1.73	3	0.03 A B
F3	E2	1.72	3	0.03 A B
F1	E2	1.67	3	0.03 B
F2	E3	1.33	3	0.03 C
F2	E2	1.33	3	0.03 C
F3	E1	1.05	3	0.03 D
F4	E1	1.04	3	0.03 D
F1	E1	0.98	3	0.03 D E
F2	E1	0.88	3	0.03 E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## PESO DE HOJA (kg)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PESO DE HOJA (kg)	36	0.95	0.93	3.98

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.64	11	0.06	40.93	<0.0001
TIPO DE FERTILIZANTE	0.08	3	0.03	18.43	<0.0001
EDAD DE CORTE	0.56	2	0.28	196.08	<0.0001
TIPO DE FERTILIZANTE*EDAD ..	3.9E-03	6	6.5E-04	0.46	0.8321
Error	0.03	24	1.4E-03		
Total	0.68	35			

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04909

Error: 0.0014 gl: 24

TIPO DE FERTILIZANTE	Medias	n	E.E.	
F1	0.99	9	0.01	A
F4	0.98	9	0.01	A
F3	0.95	9	0.01	A
F2	0.87	9	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03849

Error: 0.0014 gl: 24

EDAD DE CORTE	Medias	n	E.E.	
E3	1.07	12	0.01	A
E2	1.00	12	0.01	B
E1	0.78	12	0.01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.11113

Error: 0.0014 gl: 24

TIPO DE FERTILIZANTE	EDAD DE CORTE	Medias	n	E.E.				
F1	E3	1.12	3	0.02	A			
F4	E3	1.09	3	0.02	A	B		
F3	E3	1.06	3	0.02	A	B		
F1	E2	1.04	3	0.02	A	B		
F4	E2	1.03	3	0.02	A	B	C	
F2	E3	1.01	3	0.02	A	B	C	
F3	E2	1.00	3	0.02		B	C	
F2	E2	0.92	3	0.02			C	D
F4	E1	0.83	3	0.02				D
F1	E1	0.81	3	0.02				E
F3	E1	0.79	3	0.02				E
F2	E1	0.68	3	0.02				F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## RELACION HOJA:TALLO

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RELACION HOJA:TALLO	36	0.83	0.75	6.98

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.26	11	0.02	10.41	<0.0001
TIPO DE FERTILIZANTE	0.04	3	0.01	5.77	0.0041
EDAD DE CORTE	0.19	2	0.09	41.11	<0.0001
TIPO DE FERTILIZANTE*EDAD ..	0.03	6	0.01	2.49	0.0514
Error	0.06	24	2.3E-03		
Total	0.32	35			

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.06244

Error: 0.0023 gl: 24

TIPO DE FERTILIZANTE	Medias	n	E.E.	
F2	0.74	9	0.02	A
F1	0.69	9	0.02	A B
F4	0.67	9	0.02	B
F3	0.65	9	0.02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04895

Error: 0.0023 gl: 24

EDAD DE CORTE	Medias	n	E.E.	
E1	0.79	12	0.01	A
E3	0.65	12	0.01	B
E2	0.62	12	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.14136

Error: 0.0023 gl: 24

TIPO DE FERTILIZANTE	EDAD DE CORTE	Medias	n	E.E.	
F1	E1	0.83	3	0.03	A
F4	E1	0.80	3	0.03	A
F2	E1	0.78	3	0.03	A
F2	E3	0.76	3	0.03	A B
F3	E1	0.76	3	0.03	A B
F2	E2	0.69	3	0.03	A B C
F1	E2	0.63	3	0.03	B C
F4	E3	0.63	3	0.03	B C
F3	E3	0.61	3	0.03	C
F1	E3	0.61	3	0.03	C
F4	E2	0.59	3	0.03	C
F3	E2	0.58	3	0.03	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## RENDIMIENTO DE MATERIA VERDE (kg/m<sup>2</sup>)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RENDIMIENTO DE MATERIA VER..	36	0.96	0.94	3.99

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9.01	11	0.82	49.66	<0.0001
TIPO DE FERTILIZANTE	3.63	3	1.21	73.43	<0.0001
EDAD DE CORTE	5.14	2	2.57	155.71	<0.0001
TIPO DE FERTILIZANTE*EDAD ..	0.24	6	0.04	2.43	0.0562
Error	0.40	24	0.02		
Total	9.41	35			

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.16701

Error: 0.0165 gl: 24

TIPO DE FERTILIZANTE	Medias	n	E.E.	
F1	3.62	9	0.04	A
F4	3.40	9	0.04	B
F3	3.03	9	0.04	C
F2	2.81	9	0.04	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.13094

Error: 0.0165 gl: 24

EDAD DE CORTE	Medias	n	E.E.	
E3	3.63	12	0.04	A
E2	3.30	12	0.04	B
E1	2.72	12	0.04	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.37810

Error: 0.0165 gl: 24

TIPO DE FERTILIZANTE	EDAD DE CORTE	Medias	n	E.E.				
F1	E3	4.03	3	0.07	A			
F4	E3	3.86	3	0.07	A	B		
F1	E2	3.80	3	0.07	A	B		
F4	E2	3.54	3	0.07	B	C		
F3	E3	3.35	3	0.07		C	D	
F2	E3	3.29	3	0.07		C	D	
F3	E2	3.05	3	0.07			D	E
F1	E1	3.05	3	0.07			D	E
F4	E1	2.80	3	0.07				E
F2	E2	2.80	3	0.07				E
F3	E1	2.69	3	0.07				E
F2	E1	2.33	3	0.07				E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## RENDIMIENTO DE MATERIA SECA (kg/m<sup>2</sup>)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RENDIMIENTO DE MATERIA SEC..	36	0.97	0.95	4.01

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.71	11	0.06	62.09	<0.0001
TIPO DE FERTILIZANTE	0.23	3	0.08	72.38	<0.0001
EDAD DE CORTE	0.47	2	0.23	225.53	<0.0001
TIPO DE FERTILIZANTE*EDAD ..	0.02	6	2.6E-03	2.47	0.0526
Error	0.02	24	1.0E-03		
Total	0.74	35			

### Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04197

Error: 0.0010 gl: 24

TIPO DE FERTILIZANTE	Medias	n	E.E.	
F1	0.91	9	0.01	A
F4	0.85	9	0.01	B
F3	0.76	9	0.01	C
F2	0.70	9	0.01	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

### Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03290

Error: 0.0010 gl: 24

EDAD DE CORTE	Medias	n	E.E.	
E3	0.93	12	0.01	A
E2	0.83	12	0.01	B
E1	0.66	12	0.01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

### Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.09502

Error: 0.0010 gl: 24

TIPO DE FERTILIZANTE	EDAD DE CORTE	Medias	n	E.E.	
F1	E3	1.03	3	0.02	A
F4	E3	0.99	3	0.02	A
F1	E2	0.95	3	0.02	A B
F4	E2	0.89	3	0.02	B C
F3	E3	0.86	3	0.02	B C D
F2	E3	0.85	3	0.02	C D
F3	E2	0.77	3	0.02	D E
F1	E1	0.74	3	0.02	E F
F2	E2	0.70	3	0.02	E F
F4	E1	0.68	3	0.02	E F
F3	E1	0.65	3	0.02	F G
F2	E1	0.56	3	0.02	G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Anexo 2. ALTURA DE LA PLANTA**

<b>SISTEMA CULTIVO</b>	<b>F1</b>			<b>F2</b>			<b>F3</b>			<b>F4</b>		
<b>EPOCA DE MUESTREO</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
1	85.00	102.00	120.00	49.00	67.00	83.00	61.00	81.00	89.00	79.00	95.00	118.00
2	87.00	105.00	119.00	57.00	74.00	86.00	63.00	79.00	93.00	81.00	97.00	115.00
3	82.00	107.00	118.00	60.00	73.00	89.00	58.00	82.00	90.00	78.00	93.00	114.00
Prom. Edad	84.67	104.67	119.00	55.33	71.33	86.00	60.67	80.67	90.67	79.33	95.00	115.67
Desv. Estand. Edad	2.52	2.52	1.00	5.69	3.79	3.00	2.52	1.53	2.08	1.53	2.00	2.08
Prom. Fertilizantes	102.78			70.89			77.33			96.67		
Desv. Estand. Fertiliza	2.01			4.16			2.04			1.87		

**Anexo 3. NUMERO DE HOJAS**

<b>SISTEMA CULTIVO</b>	<b>F1</b>			<b>F2</b>			<b>F3</b>			<b>F4</b>		
<b>EPOCA DE MUESTREO</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
1	33.00	42.00	49.00	23.00	28.00	35.00	27.00	32.00	41.00	29.00	35.00	43.00
2	31.00	38.00	48.00	21.00	30.00	36.00	28.00	34.00	40.00	32.00	33.00	41.00
3	34.00	41.00	52.00	23.00	28.00	38.00	26.00	36.00	43.00	28.00	39.00	45.00
Prom. Edad	32.67	40.33	49.67	22.33	28.67	36.33	27.00	34.00	41.33	29.67	35.67	43.00
Desv. Estand. Edad	1.53	2.08	2.08	1.15	1.15	1.53	1.00	2.00	1.53	2.08	3.06	2.00
Prom. Fertilizantes	40.89			29.11			34.11			36.11		
Desv. Estand. Fertiliza	1.90			1.28			1.51			2.38		

**Anexo 4. NUMERO DE TALLOS**

<b>SISTEMA CULTIVO</b>	<b>F1</b>			<b>F2</b>			<b>F3</b>			<b>F4</b>		
<b>EPOCA DE MUESTREO</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
1	6.00	9.00	13.00	5.00	7.00	11.00	6.00	8.00	11.00	6.00	8.00	12.00
2	7.00	10.00	14.00	5.00	8.00	9.00	5.00	9.00	12.00	5.00	9.00	13.00
3	7.00	11.00	13.00	6.00	7.00	11.00	6.00	8.00	12.00	6.00	9.00	12.00
Prom. Edad	6.67	10.00	13.33	5.33	7.33	10.33	5.67	8.33	11.67	5.67	8.67	12.33
Desv. Estand. Edad	0.58	1.00	0.58	0.58	0.58	1.15	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
Prom. Fertilizantes	10.00			7.67			8.56			8.89		
Desv. Estand. Fertiliza	0.72			0.77			0.58			0.58		

**Anexo 5. PESO DE TALLOS**

<b>SISTEMA CULTIVO</b>	<b>F1</b>			<b>F2</b>			<b>F3</b>			<b>F4</b>		
<b>EPOCA DE MUESTREO</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
1	1.02	1.62	1.81	0.86	1.30	1.34	0.94	1.71	1.72	1.00	1.71	1.69
2	0.92	1.68	1.83	0.88	1.32	1.35	1.10	1.69	1.72	0.99	1.76	1.74
3	1.00	1.70	1.89	0.90	1.38	1.31	1.12	1.76	1.74	1.14	1.75	1.80
Prom. Edad	0.98	1.67	1.84	0.88	1.33	1.33	1.05	1.72	1.73	1.04	1.74	1.74
Desv. Estand. Edad	0.05	0.04	0.04	0.02	0.04	0.02	0.10	0.04	0.01	0.08	0.03	0.06
Prom. Fertilizantes	1.50			1.18			1.50			1.51		
Desv. Estand. Fertiliza	0.05			0.03			0.05			0.06		

**Anexo 6. PESO DE HOJA**

<b>SISTEMA CULTIVO</b>	<b>F1</b>			<b>F2</b>			<b>F3</b>			<b>F4</b>		
<b>EPOCA DE MUESTREO</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
1	0.82	1.00	1.12	0.66	0.95	1.01	0.80	1.02	1.06	0.83	1.11	1.12
2	0.83	1.02	1.10	0.69	0.89	1.00	0.79	1.00	1.02	0.86	1.00	1.13
3	0.78	1.11	1.13	0.70	0.93	1.02	0.78	0.98	1.10	0.79	0.98	1.03
Prom. Edad	0.81	1.04	1.12	0.68	0.92	1.01	0.79	1.00	1.06	0.83	1.03	1.09
Desv. Estand. Edad	0.03	0.06	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02	0.04	0.04	0.07	0.06
Prom. Fertilizantes	0.99			0.87			0.95			0.98		
Desv. Estand. Fertiliza	0.03			0.02			0.02			0.05		

**Anexo 7. RELACION HOJA: TALLO**

<b>SISTEMA CULTIVO</b>	<b>F1</b>			<b>F2</b>			<b>F3</b>			<b>F4</b>		
<b>EPOCA DE MUESTREO</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
1	0.80	0.62	0.62	0.77	0.73	0.75	0.85	0.60	0.62	0.83	0.65	0.66
2	0.90	0.61	0.60	0.78	0.67	0.74	0.72	0.59	0.59	0.87	0.57	0.65
3	0.78	0.65	0.60	0.78	0.67	0.78	0.70	0.56	0.63	0.69	0.56	0.57
Prom. Edad	0.83	0.63	0.61	0.78	0.69	0.76	0.76	0.58	0.61	0.80	0.59	0.63
Desv. Estand. Edad	0.06	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.08	0.02	0.02	0.09	0.05	0.05
Prom. Fertilizantes	0.69			0.74			0.65			0.67		
Desv. Estand. Fertiliza	0.03			0.02			0.04			0.06		

**Anexo 8. RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE (kg/m<sup>2</sup>)**

<b>SISTEMA CULTIVO</b>	<b>F1</b>			<b>F2</b>			<b>F3</b>			<b>F4</b>		
<b>EPOCA DE MUESTREO</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
1	2.90	3.85	3.95	2.23	2.75	3.10	2.60	3.10	3.62	2.74	3.64	3.92
2	3.22	3.72	3.98	2.36	2.80	3.32	2.72	2.94	3.28	2.82	3.56	3.68
3	3.02	3.83	4.15	2.40	2.84	3.45	2.74	3.12	3.15	2.85	3.42	3.97
Prom. Edad	3.05	3.80	4.03	2.33	2.80	3.29	2.69	3.05	3.35	2.80	3.54	3.86
Desv. Estand. Edad	0.16	0.07	0.11	0.09	0.05	0.18	0.08	0.10	0.24	0.06	0.11	0.16
Prom. Fertilizantes	3.62			2.81			3.03			3.40		
Desv. Estand. Fertiliza	0.11			0.10			0.14			0.11		

**Anexo 9. RENDIMIENTO DE MATERIA SECA (kg/m<sup>2</sup>)**

<b>SISTEMA CULTIVO</b>	<b>F1</b>			<b>F2</b>			<b>F3</b>			<b>F4</b>		
<b>EPOCA DE MUESTREO</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
1	0.70	0.96	1.01	0.54	0.69	0.80	0.63	0.78	0.93	0.66	0.91	1.01
2	0.78	0.93	1.02	0.57	0.70	0.85	0.65	0.74	0.84	0.68	0.89	0.95
3	0.73	0.96	1.07	0.58	0.71	0.89	0.66	0.78	0.81	0.69	0.86	1.02
Prom. Edad	0.73	0.95	1.03	0.56	0.70	0.84	0.65	0.77	0.86	0.68	0.89	0.99
Desv. Estand. Edad	0.04	0.02	0.03	0.02	0.01	0.05	0.02	0.02	0.06	0.01	0.03	0.04
Prom. Fertilizantes	0.91			0.70			0.76			0.85		
Desv. Estand. Fertiliza	0.03			0.03			0.04			0.03		



	10														
	11														
	12														
	13														
	14														
	15														
PROMEDIO															
R <sub>3</sub>	1														
	2														
	3														
	4														
	5														
	6														
	7														
	8														
	9														
	10														
	11														
	12														
	13														
	14														
	15														
PROMEDIO															

F<sub>1</sub> = 100 % fertilizante comercial, F<sub>2</sub> = 100 % de estiércol de vaca, F<sub>3</sub> = 75% estiércol de vaca + 25% de fertilizante comercial, F<sub>4</sub> = 50% estiércol de vaca + 50% de fertilizante comercial, E<sub>1</sub> = Corte a los 60 días, E<sub>2</sub> = Corte a los 75 días, E<sub>3</sub> = Corte a los 90 días, R<sub>1</sub> = Repetición 1, R<sub>2</sub> = Repetición 2, R<sub>3</sub> = Repetición 3, = No de plantas por repetición = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14 y 15.

## Anexo 11. FICHA DE REGISTRO DE CAMPO

(Para rendimiento de materia verde y seca)

Repetición	Metros cuadrados	F <sub>1</sub>			F <sub>2</sub>			F <sub>3</sub>			F <sub>4</sub>		
		E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
R <sub>1</sub>	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
PROMEDIO													
R <sub>2</sub>	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
PROMEDIO													
R <sub>3</sub>	1												
	2												
	3												
	4												
	5												
PROMEDIO													

F<sub>1</sub> = 100 % fertilizante comercial, F<sub>2</sub> = 100 % de estiércol de vaca, F<sub>3</sub> = 75% estiércol de vaca + 25% de fertilizante comercial, F<sub>4</sub> = 50% estiércol de vaca + 50% de fertilizante comercial, E<sub>1</sub> = Corte a los 60 días, E<sub>2</sub> = Corte a los 75 días, E<sub>3</sub> = Corte a los 90 días, R<sub>1</sub> = Repetición 1, R<sub>2</sub> = Repetición 2, R<sub>3</sub> = Repetición 3, = No de plantas por repetición = 1, 2, 3, 4 y 5.