



**Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo**

**Título:** Efecto de la fertilización con humus de lombriz en áreas forrajeras sobre el *Pennisetum purpureum* cv Taiwán morado en un suelo Pardo Grisáceo

**Autora.** Yadelkys Corcho Becerra

**Tutor.** Ing. MSc. Celso Frómeta Milanés

**Curso 2024**

## AVAL



La investigación y aplicación de las técnicas agroecológicas en la finca del productor Yusbiel José León Valdivies perteneciente a la UBPC Agricultura Urbana.

Este trabajo está encaminado a la mejorar la calidad de las producciones obtenidas, puesto que reportará beneficios en el incremento de los rendimientos productivos del cultivo de pastos y forraje. Alcanzará una mejor preservación y cuidado de los suelos mediante la aplicación de técnicas de fertilización adecuadas, con la producción y aplicación de humus de lombriz y otras técnicas agroecológicas.

Nos comprometemos a la aplicación de estas técnicas en la finca: MARIPA

Dado a los 7 días del mes de enero del 2024.



Yusbiel José León Valdivies

## RESUMEN

La aplicación de humus de lombriz en los pastos es de vital importancia, sobre todo en los *Pennisetum purpureum*, por ser estos fuertes y adaptables a las condiciones edafoclimáticas de Cuba. El objetivo de este trabajo es determinar la eficiencia de la aplicación de humus de lombriz sobre la producción del *Pennisetum purpureum* Taiwán morado en un área sobre suelo Pardo Grisáceo. Se seleccionó como contexto de experimentación la Finca Maripa en el municipio de Cumanayagua. El experimento se realizó en un diseño de bloques al azar con 3 tratamientos y 4 repeticiones, con dos fuentes de fertilización: Urea, Humus de lombriz y Testigo. Las mediciones tuvieron en cuenta la altura de la planta a los 25, 50, 75 y 100 días de edad, al corte de establecimiento: largo y ancho de la cuarta hoja y grosor del tallo y en la producción de biomasa seca: rendimiento de Masa Verde,  $t\cdot ha^{-1}$  y el rendimiento de Masa Seca,  $t\cdot ha^{-1}$ . Los resultados demostraron que, en el indicador altura de la planta, se obtuvo mejores valores de los tratamientos respecto al testigo, mientras que, en el caso del largo, ancho de la cuarta hoja y el área foliar no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, para el rendimiento de masa verde, los mayores resultados fueron a favor del tratamiento fertilizado, existiendo diferencias significativas con el resto. Es factible fertilizar el pasto Taiwán morado con humus de lombriz, pues mejora algunos indicadores de la planta y por consiguiente el rendimiento.

Palabras claves. Rendimiento, biomasa, corte, tratamiento

## SUMMARY

The application of worm humus in pastures is of vital importance, especially in *Pennisetum purpureum*, as they are strong and adaptable to the edaphoclimatic conditions of Cuba. In this work, the objective of determining the application of worm humus on the production and quality of *Pennisetum purpureum* Brown Taiwan in a forage area on grayish brown soil is assumed. For this purpose, the Maripa Farm of urban agriculture in the municipality of Cumanayagua was selected as the experimental context. The experiment was carried out in a randomized block design with 3 treatments and 4 repetitions, with two fertilization sources: Urea, Worm humus and Control. The measurements took into account the height of the plant at 25, 50, 75 and 100 days of age, at the establishment cut: length and width of the fourth leaf and thickness of the stem and the production of dry biomass at the establishment cut: Green Mass yield,  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  and Dry Mass yield,  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . The results showed that the variants used increased the production and quality of *Pennisetum purpureum* Brown Taiwan in comparison with the control, the nitrogenized fertilization was higher than the application of worm humus. The measurements took into account the height of the plant at the establishment cut: length and width of the fourth leaf and thickness of the stem and the production of dry biomass at the establishment cut. The results showed that the height was higher, the length, width of the fourth leaf and the leaf area showed no differences between the treatments and greater dry mass yield. It is important to fertilize Brown Taiwan with worm con humus, to improve some indicators of the plant and its performance.

Key words. Performance, biomass, cut, treatment.

## **DEDICATORIA**

*A mi familia, en especial a mi madre por estar siempre en cada momento*

*A mis compañeros de estudio y de trabajo*

*A mi tutor*

*A los trabajadores de la Finca Maripa*

*A todos los que hicieron posible la culminación de esta investigación.*

# ÍNDICE

Contenido	Página
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	6
1.1. Importancia y características de los recursos forrajeros.....	6
1.2. Los forrajes como base alimentaria para la ganadería.....	8
1.3. Los pastos y forrajes en la alimentación de la ganadería vacuna... ..	9
1.3.1. Variedades de pastos explotadas en Cuba.....	12
1.4. Plantas forrajeras en explotación en la ganadería vacuna.....	14
1.4.1. El <i>Pennisetum purpureum</i> Taiwán morado.....	14
1.5. Sistemas de fertilización en áreas forrajeras.....	17
1.5.1 Fertilización mineral.....	18
1.5.2 Fertilización orgánica.....	18
1.5.3 Materia orgánica.....	23
1.6. Humus de lombriz.....	25
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
2.1. Localización y periodización de la investigación.....	27
2.1.1. Caracterización edafoclimática de la Finca Maripa.....	28
2.2. Métodos, enfoque y técnicas de investigación.....	31
2.3. Diseño y procedimientos.....	31
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
3.1. Indicadores morfofisiológicos.....	34
3.2. Indicadores de rendimiento.....	42
CONCLUSIONES.....	53
RECOMENDACIONES.....	54
BIBLIOGRAFÍA .....	55
ANEXOS	

## INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad, en la actividad del hombre se ha marcado con profundidad la atención al pastoreo de animales que constituyen fuente de alimento y medios de trabajo para las funciones productivas de cada formación económica social por las que ha transitado.

Los pastos y forrajes son elementos indispensables en la alimentación de los animales y es por ello que ha sido centro de atención en el mejoramiento de estos a lo largo de la historia. Se sabe de todos los intentos del hombre por proveer y almacenar forrajes para etapas de invierno y eventos anormales para su recuperación.

De manera general, la forma más práctica y económica de alimentar a los rebaños de ganado durante todo el año es el pastoreo de especies nativas (Rojas, 2019). Sin embargo, en países tropicales donde la calidad de estos pastos nativos suele ser pobre, se recurre al uso de pastos de corte o forrajes ya que además de ser económicamente mejores en contraste con los alimentos de fábrica, no representan competencia con las necesidades alimenticias de los humanos, de otros animales (Herrera, 2019) y suple las necesidades nutricionales de las producciones ganaderas, tal como lo señalan Luginbuhl y Poore (2018).

Existen limitantes que hacen que la calidad y cantidad de forraje estén disponibles dependiendo del medio ambiente, condiciones y cuidados que el ganadero ofrezca a estos, por lo tanto, el ganado generalmente tiene una dieta adecuada para períodos cortos de tiempo (Cárdenas, 2018). Lo que ha resultado en una disminución de la productividad ganadera (Guerra, 2018). Esta baja productividad, aunada a la competitiva producción que actualmente existe en el sector agropecuario, obliga a los productores a realizar un uso eficiente de los recursos naturales que poseen (Araya y Boschini, 2018).

Existen cultivares del género *Pennisetum* promisorios para la ganadería, ya que generalmente presentan rendimientos en biomasa superiores a  $40 \text{ t.ha}^{-1}$  por corte y  $120 \text{ t.ha}^{-1}$  base húmeda (Márquez *et al.*, 2017; Martínez *et al.*, 2019) Este género se usa en los trópicos y en todo el mundo, principalmente debido a los rendimientos altos de forraje de los clones desarrollados de *P. purpureum* (Febles *et al.*, 2017).

Una alternativa para la alimentación de pequeños rumiantes y ganado mayor cuando hay escasez de forraje debido a la estación seca, puede ser el uso de ensilaje. Forraje que generalmente se suministra fresco, tiene una alta producción de biomasa y contenido proteico aceptable. Ha sido demostrado que la variedad de la especie *Pennisetum purpureum* es una opción para producción de forraje siempre que haya disponibilidad de riego (Guerra, 2018).

Variedades de la especie *Pennisetum purpureum* como: Taiwán, gigante o elefante, King Gras, Merkerón, Napier, OM-22, CT-115 y Maralfalfa al ser de uso generalizado en el trópico, se hace necesaria su caracterización no solo bajo los efectos de productos químicos sino también de productos más naturales como el estiércol, y así definir la producción promedio de los cultivares específicos, de gran importancia para describir su comportamiento fisiológico, el rendimiento y la calidad (Araya y Boschini, 2018). Los *Pennisetum* son gramíneas nativo de África del sur donde se cultiva a una altura de 3000 pies, aunque también se conoce que fue cultivada en otras regiones de África, China y Japón (Pérez, 2018)

Fue introducido en la América del Sur por el Dr.W.R. Long Ford de la Estación Experimental de Tifton, Georgia, Estados Unidos y en 1974 fue extendido a Panamá en la Estación Experimental de Gualaca en Chiriquí, por la compañía de alimentos Nestle, siendo clasificada como PI-300-086 y conocida también como caña japonesa (Pérez, 2018).

En Brasil, esta especie es una de las forrajeras más importantes y promisorias, gracias a su elevado potencial productivo, calidad, versatilidad y adaptabilidad (Pereira y Léo, 2018).

*P. purpureum* tiene la capacidad de intercambiar alelos con *P. glaucum* (Pereira *et al.*, 2020). Por esta vía se logran híbridos de mayor vigor, resistentes a la sequía, con cualidades forrajeras, mayor productividad y otras características deseables (Jauhar y Hanna, 2018).

Su introducción en Cuba proveniente de Panamá data de 1974. Esto condujo a la realización de las primeras siembras y establecimientos en el Instituto de Ciencia Animal y que se comenzara a extender en algunas regiones del país a partir de 1976.

El Instituto de Ciencia Animal y otras instituciones cubanas evaluaron este forraje y lo distribuyeron a las empresas pecuarias, hasta llegar a convertirse en una de las principales plantas destinadas a la producción de ensilajes y forraje fresco en Cuba (Herrera, 2019). En la década del 80, el *P. purpureum* se utilizó como planta donante en programas de fitotecnia de las mutaciones desarrollados en el Instituto de Ciencia Animal (Martínez *et al.*, 2018). A partir de este programa, surgieron nuevos clones.

Parets (2019) plantea que los pastos están definidos como la base alimentaria de los bovinos en Cuba, tomando del suelo y el clima los elementos para vivir y a su vez son la fuente de vida de los animales. Por ello es muy importante poseer un germoplasma en cantidad y calidad que se adapte adecuadamente a los diferentes agrosistemas existentes y a los requerimientos y potencial de los animales. El comportamiento relativo de los genotipos en los diferentes ambientes, ha sido objeto de estudio en varias ocasiones (Estévez y Álvarez, 2018). Por ello se plantea que el potencial productivo y reproductivo de los pastos y los forrajes dependen de la capacidad individual de las especies y variedades, así como de las labores agrotécnicas, fitotécnicas y de manejo a las cuales son sometidas y sobre todo de las condiciones climáticas y edáficas donde estas se desarrollan.

Los factores que intervienen en el complejo “suelo-planta-animal-hombre” y que se define como un ecosistema de pastos donde influyen y se relacionan todos los factores que determinan la producción, utilización y permanencia del pasto y se diferencia de otro ecosistema, por el suelo o el clima donde se explotan, por los insumos que se destinan al suelo o al animal, por el propósito con que se explotan y por la forma en que el hombre los maneja (Lok, 2019).

El suelo y los componentes que habitan en él son seres vivos y existe una interrelación entre ellos, los cuáles deben estar debidamente conectados para que cuando se practique la agricultura de una manera correcta y equilibrada esta conduzca a resultados exitosos (FAO, 2018).

La necesidad de alimentos de origen animal experimenta un crecimiento sostenido en los últimos años, el pronóstico hasta el año 2050 es de un crecimiento del 70% para satisfacer las necesidades alimenticias de una población de alrededor de los 9 000 millones de personas en el 2050, de esa cifra el 70% vivirá en las ciudades (Friedrich, 2019)

En Cuba, al igual que en muchos países de América Latina, el reto que afronta el desarrollo de la producción ganadera en las actuales condiciones de deterioro en que se encuentran los principales recursos naturales disponibles, precisa de la consideración particularizada de las características y el estado de estos recursos en cada territorio, a fin de seleccionar y aplicar casuísticamente las medidas y tecnologías necesarias para un desarrollo sostenible de los sistemas productivos, donde sin lugar a dudas el recurso suelo reviste la mayor importancia, dado su efecto integrador (Acosta *et al.*, 2018).

La utilización de los pastizales de manera sostenible es un recurso renovable en la producción ganadera basada en pastos y forrajes, el sujeto más importante desde el punto de vista biológico,

económico y social son las interacciones que se producen en dicho ecosistema (Acosta *et al.*, 2018).

La interpretación del término biofertilizante es muy amplia, representando desde microorganismos, abonos verdes y estiércoles, hasta extractos de plantas. De manera sintetizada, podemos decir que son productos que contienen microorganismos, que al ser inoculados pueden vivir asociados o en simbiosis con las plantas y le ayudan a su nutrición y protección (Vessey, 2018). Estos microorganismos se encuentran de forma natural en el suelo y abarcan diversos grupos; sin embargo, su población es afectada por el manejo de suelo y uso excesivo de agroquímicos (Caballero *et al.*, 2018; Grageda *et al.*, 2019).

La lombricultura es una práctica que está en armonía con la naturaleza, ya que se encarga de reciclar y transformar los residuos orgánicos produciendo abono natural, lo cual permite mejorar las condiciones físicas, químicas y microbiológicas de los suelos; esta actividad acelera en forma significativa el retorno de los desechos orgánicos los cuales son aprovechados por las plantas, transformando los suelos en suelos productivos; según el tipo de alimento aumenta su fertilidad natural. Se considera que el manejo ecológico del recurso suelo, es el punto de partida para poder desarrollar una agricultura sostenida (Martin, 2017).

Numerosos estudios han demostrado que la adicción de humus de lombriz a los sustratos de cultivos tiene efectos beneficiosos sobre el crecimiento y desarrollo de gran cantidad de especies vegetales. Los mecanismos a través de los que se producen esta estimulación incluyen el aporte de nutrientes, la mejora de las propiedades físicas del sustrato y el aporte de microorganismo beneficiosos para el desarrollo vegetal capaces de aumentar la disponibilidad de nutrientes. (Dominguez *et al.*, 2019).

En Cuba, el *Pennisetum purpureum* es todavía una de las especies forrajeras más extendida por su buen comportamiento en los diferentes ecosistemas. La especie es perenne y de crecimiento erecto, y puede alcanzar hasta 3 m de altura. El tallo es similar al de la caña de azúcar, puede alcanzar de 3 a 5 cm de diámetro. Las hojas son anchas y largas con vellosidades suaves y no muy largas, verde claro cuando son jóvenes y verde oscuro cuando están maduras (Herrera, 2019). El King Gras ha tenido acogida en tierras altas y bajas, con suelos pobres y moderadamente ácidos, y con períodos secos prolongados (Hernández *et al.*, 2019).

La provincia de Cienfuegos según la Estadística del cierre del Primer Trimestre del 2021 Existen 3 977 productores de humus de lombriz en 838 centros de producción de humus rústicos y 9

centros de producción de humus tecnificados. Una fabricación de materia orgánica de 13 461 toneladas (ANAP, 2021).

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto se asume el **Problema científico**

- ¿Qué influencia tiene el humus de lombriz en las variables morfofisiológicas y en el rendimiento del *Pennisetium purpureum* cv Taiwán morado en un suelo Pardo Grisáceo?

### **Hipótesis**

- La fertilización con humus de lombriz incrementará los rendimientos del *Pennisetium purpureum* cv Taiwán morado en áreas forrajeras sobre suelos Pardos Grisáceos.

### **Objetivo general**

- Determinar la eficiencia de la aplicación de humus de lombriz sobre la producción del *P. purpureum* cv Taiwán morado en un suelo Pardo Grisáceo.

### **Objetivos específicos**

1. Valorar el efecto sobre las diferentes variables morfológicas con la aplicación de humus de lombriz como fertilizante orgánico.
2. Medir el efecto sobre los rendimientos agrícolas del *P. purpureum* cv Taiwán morado fertilizado con humus de lombriz.

## CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. Importancia y características de los recursos forrajeros

La base de los sistemas de producción animal en pastoreo, ya sea de carne, leche o lana, es la producción de forrajes y granos para la alimentación animal. Los rumiantes tienen la capacidad de convertir alimentos fibrosos (celulosa) en fibra animal de excelente calidad nutricional para consumo humano. El productor, antes de poder producir bienes de origen animal, debe saber producir forrajes, y es aquí donde radica la importancia de este tema. En la primera mitad del siglo XX ocurrió una coevolución entre ganadería y agricultura, bajo condiciones extensivas o semi-intensivas, dando lugar al modelo de rotación de cultivos con pasturas y forrajeras anuales (Carreño y Viglizzo, 2020).

La alimentación del ganado en corrales de encierro, resulta en una modificación del ciclo de los nutrientes unidireccional de superficie agrícola al corral. La concentración de heces y orina en superficie reducida puede resultar en la contaminación de suelo, aire y agua superficial y subsuperficial, al mismo tiempo que es necesario una mayor utilización de insumos (fertilización, etc.) en los cultivos agrícola ya que los nutrientes no retornan al sistema (como en una situación de pastoreo). De este modo, se introduce un cambio adicional a la funcionalidad de los sistemas que, para mantener mayor productividad es necesario un mayor uso de insumos externos (fertilizantes, plaguicidas) y la necesidad de una gestión adecuada de los residuos ganaderos para reducir el riesgo de contaminación ambiental (Carreño y Viglizzo, 2020).

El reemplazo de pastizales naturales y bosques nativos por praderas artificiales, y la posteriormente por cultivos anuales permitieron elevar significativamente la productividad biológica y económica, a la vez que produjo un cambio en los flujos de energía, los ciclos minerales, el proceso hidrológico, la estabilidad y fertilidad de los suelos, el hábitat y la biodiversidad, y el patrón ecotoxicológico de las regiones intervenidas (Viglizzo *et al.*, 2020).

Las especies forrajeras pueden dividirse en dos grandes grupos según su desempeño bajo determinadas condiciones ambientales: C4 o megatérmicas y C3 o mesotérmicas (Basigalup, 2019).

Los recursos forrajeros pueden clasificarse en:

1. Campo o pastizal natural: conjunto de especies nativas o no, pero NO cultivadas.
2. Artificial o cultivado: Pasturas, verdeos de invierno, verdeos de verano, diferidos.

3. Residuos de cosecha: rastrojos de maíz, sorgo, etc.
4. Transferencia de forrajes: forrajes conservados o reservas como heno, silo, granos (Hijano y Navarro, 2021).

El manejo del pasto es una práctica rentable usada en la producción ganadera que proporciona a los animales hierbas y leguminosas forrajeras y mantiene el suelo sano. Se basa en estrategias para mejorar la salud de los pastos y la producción de forraje, mantener un ecosistema sano y reducir los costes de producción. El éxito depende de saber cómo están interconectados todos los elementos (Cherlynka, 2022).

La importancia del manejo y control de pastos radica en que mejora la salud y la sostenibilidad del ecosistema. Al mismo tiempo, un sistema mal organizado provoca una invasión de malas hierbas, retrasa la recuperación del pasto forrajero y reduce la calidad. La renovación de los pastos puede resolver estos problemas temporalmente, pero para un desarrollo a largo plazo de la explotación, es mucho más eficaz optimizar las prácticas de manejo de pasto en el campo.

Cherlynka (2022), expone que, al mismo tiempo, el manejo del pasto debe ser un proceso permanente. Es la única forma de que los agricultores puedan mantener el estado óptimo de la zona. Por ejemplo, existe el riesgo de un desarrollo excesivo de la hierba forrajera. En consecuencia, los pastos acumulan demasiada agua, lo que reduce la cantidad de fibra y deteriora la calidad de la nutrición del ganado.

Corredera, Cárdenas y Montejo (2022), proponen que un plan de manejo del pasto es lo primero que se necesita para establecer la gestión del cuidado de este. Identifica los puntos fuertes y débiles del sistema para poder realizar ajustes a tiempo. Además, con un buen plan de manejo, los ganaderos pueden utilizar mejor los recursos limitados, principalmente el pasto forrajero. Los resultados del plan aplicado les permiten pensar en la estrategia del año siguiente. Un plan de manejo del pasto debe incluir las siguientes etapas para mejorar el rendimiento del mismo.

- Comprobación de la fertilidad del suelo: El análisis de la fertilidad del suelo permite determinar las mejores soluciones de fertilización. Comparar los resultados en diferentes estaciones es increíblemente eficaz.
- Control de los nutrientes del suelo: La fase más crítica en el cultivo de pastos y forrajes de la granja es el control del pH. Asegura un crecimiento estable de hierbas forrajeras y otras plantas como el trébol, la alfalfa y otras legumbres.

- Control de la maleza y gestión del forraje: El manejo del pasto incluye actividades de control de la maleza. Es esencial identificarla y matarla a tiempo. Tenga en cuenta que algunas malas hierbas necesitan una mayor fumigación. En este caso, elija los herbicidas para el control de la maleza con especial cuidado. Estos productos químicos pueden incluir restricciones en el pastoreo y la resiembra (Corredera *et al.*, 2022).

## **1.2. Los forrajes como base alimentaria para la ganadería**

En el trópico la fuente más económica de nutrientes para la alimentación del ganado vacuno la constituyen los pastos, forrajes de corte y bancos de proteína por su bajo costo y al no ser competencia con las necesidades de alimentos para el consumo humano directo y de otros animales lo que lo vuelve una fuente ideal de proteínas (Araya y Boschini, 2018)

Autores señalan que en muchas de las explotaciones pecuarias el forraje es considerado la fuente de menor costo para suplir nutrientes a los animales (Argel, 2019), bajo esta circunstancia estudios coinciden al creer que el éxito de dichas explotaciones depende en gran proporción del adecuado uso y manejo de este elemento (Ashbell y Weinberg, 2019).

En opinión de Aguilar y Galo (2019), la actividad pecuaria en Cuba no está exenta de la influencia climática lo cual se manifiesta con dos etapas bien definidas: de mayo a agosto, en que el pasto se ve favorecido por las precipitaciones y se produce un excedente, y a partir de octubre, en que el pasto no satisface la energía que necesitan los animales. En esta segunda etapa llamada de seca, el crecimiento del pasto se ve grandemente afectado, no sólo por la escasez de agua, sino también por la influencia de los vientos fríos, que baten principalmente las zonas litorales donde se encuentran las áreas ganaderas.

El animal se ve sometido a una penuria alimentaria durante los meses de seca con fuerte pérdida de peso. Cuando llega el período de lluvias tiene que dedicar una parte de la alimentación a recuperar el peso perdido, por lo cual sólo emplea para el engorde unos pocos meses del año. El problema suscitado con la calidad de los pastos y su pobre rendimiento agravan las diferencias estacionales, ya que los escasos excedentes limitan la producción de heno y silo, por lo que no se logra cubrir el déficit originado en la época de seca. El alimento natural del vacuno lo constituye el pasto, el cual conforma la dieta básica de los rumiantes. En las condiciones tropicales del país, con una limitada capacidad para producir cereales y leguminosas forrajeras, la base fundamental en la cual se sustenta la alimentación vacuna es en los pastos de gramíneas, a lo cual

históricamente se destinaba más del 50% de la superficie agrícola nacional (Aguilar y Galo, 2019)

En el caso de Cuba, el aporte de los pastos a la alimentación del ganado representa no menos del 90% de las fuentes, lo cual destaca su carácter estratégico en el balance alimentario, no obstante, la incorporación masiva de otras fuentes de alimentos (piensos y otros) (Aguilar y Galo, 2019).

Las transformaciones recientes que se operan en el sector agropecuario mundial, a las que no son ajenas la agricultura y la ganadería vacuna en Cuba, después de varias décadas dedicadas a la práctica de una agricultura productivista incentivada por políticas modernizadoras basadas en la intensificación del uso de insumos químicos, mecánicos y energéticos que generó desde muy temprano graves problemas en la articulación territorial y degradación ambiental de los espacios rurales, reclaman la necesidad de una alternativa de desarrollo agropecuario que no excluye la coexistencia de varios modelos (Ruttan y Ceña, 2017) y de un sistema productivo ajustado a su nueva forma y acorde con las limitaciones económicas, que requiere de enfoques y metodologías de investigación de carácter complejo que no sólo consideren las interacciones de los factores biológicos, físicos y socioeconómicos, sino que abarquen las variaciones espaciales y temporales y el ciclo completo del proceso productivo: producción, distribución, cambio y consumo (FAO, 2018).

### **1.3 Los pastos y forrajes en la alimentación de la ganadería vacuna**

Uno de los pilares fundamentales en la producción bovina bajo condiciones tropicales en los países de Latinoamérica y otras regiones del trópico en el mundo, es la alimentación con base en pasturas y otras fuentes forrajeras. King Gras es uno de los cultivares más difundidos y explotados, el cual se ha manipulado genéticamente, para hacerlo más resistente a plagas, enfermedades, estrés hídrico entre otras tolerancias con el propósito de que sea más productivo. Este procedimiento biotecnológico permite obtener nuevos cultivares en diferentes especies, los que son conocidos como pastos mejorados.

Dentro de los *Pennisetum* obtenidos en el programa de mejoramiento genético se encuentran el Cuba CT-115, Cuba CT-169, OM-22 y Taiwán morado. En estudios realizados en Cuba, se ha demostrado que las variedades mejoradas de *Pennisetum purpureum*, pueden tener mayor producción y digestibilidad de sus componentes (hoja, tallo, planta completa) y menor contenido de lignina. Los cultivares de *Pennisetum purpureum*, en conjunto con otros y la caña de azúcar

han sido señalados como las especies de mayor potencial de producción de biomasa en el trópico, en el período poco lluvioso (Benítez *et al.*, 2019).

El rendimiento de materia seca fue superior en Cuba OM-22 para ambos periodos, Esta gramínea necesita para alcanzar altas producciones de la utilización de los fertilizantes, principalmente en aquellas áreas de suelos con pobre contenido de nutrientes, la labor de fertilización debe llevarse a cabo sin dañar el medio ambiente, utilizando preferentemente los fertilizantes orgánicos y la combinación de estos con el mineral, no ocasionando daños a largo plazo y problemas medioambientales a generaciones futuras.

King Gras, Cuba CT-115, Cuba CT-169, sin fertilizantes ni regadío alcanzan producciones normales que oscilan entre 10 y 20 t de MS.ha<sup>-1</sup>. El rendimiento depende de la humedad, fertilidad, temperatura y edad del corte. Con riego y fertilizantes se obtienen rendimientos entre 30 y 50 t de MS.ha<sup>-1</sup>. (Benítez *et al.*, 2019) La aplicación de estiércol, es la alternativa más práctica utilizada por los agricultores, dado a que es el fertilizante que se encuentra de manera más inmediata, más económico y su aplicación constituye la alternativa más ecológica por su capacidad de mejorar las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, reduciendo la aplicación mineral tan dañina al medio ambiente y costosa económicamente, en estos tiempos de crisis económica.

El Cuba el Taiwán morado mostró mejor comportamiento de adaptación y respuesta al estrés hídrico en particular y a las condiciones de secano, sin fertilización mineral en un suelo Pardo grisáceo ocríco de baja fertilizada natural. A pesar de las condiciones los rendimientos obtenidos por Cuba OM-22 (11.7 y 4.1 t.ha MS pueden considerarse aceptables y lo sitúa como una alternativa viable para la región, sin descartar al King Gras. La tendencia a comportarse mejor el Cuba OM-22 en relación al King Gras en los momentos de menores precipitaciones en este tipo de suelo, es una condición muy positiva para este territorio caracterizado por estas situaciones. Esta gramínea responde favorablemente a la aplicación de riego especialmente en la época de sequía ya que durante esta época evita una disminución drástica en la producción de forraje y en el valor nutritivo de la planta, así mismo la aplicación de riego permite disminuir el tiempo entre cortes y aumenta el número de cosechas al año (Vargas, 2018).

El tipo de suelo determinó que los rendimientos no superaron históricos del país, los suelos Pardos grisáceos son los declarados como los menos productivos para este género, tiene como características de tener un bajo contenido de nutrientes, una textura loam arenosa y poca

retención de humedad. Según Miranda *et al.* (2019), el género *Pennisetum* exige de suelos profundos bien drenados y de fertilidad media a alta para lograr la mejor respuesta biológica de la planta. La base forrajera es la cantidad de materia seca que se le puede ofrecer a los animales, es uno de los parámetros del manejo del Pastoreo Rotacional que incide directamente en el consumo de los animales y que, siendo bien utilizada, permite incrementar la eficiencia de utilización del forraje (Martínez *et al.*, 2019)

Los forrajes son todas aquellas plantas que se cultivan con el fin de alimentar a los animales. Pueden ser consumida en pie o diferida, según sean las necesidades del proceso productivo, pasto, pienso, compuesto, heno y ensilajes, en el fortalecimiento productivo para la producción de forrajes (Martínez *et al.*, 2020).

Las plantas forrajeras se dividen en tres grandes grupos

- Gramíneas.
- Leguminosas.
- Forrajeras no gramíneas no leguminosas. Objetivo del forraje

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) siempre ha enfatizado la importancia de los forrajes y las pasturas en los sistemas de producción como fuente de alimento para el ganado y para mantener la fertilidad del suelo, para el reciclaje de los nutrientes de las plantas y para proteger el ambiente (Obando *et al.*, 2023).

Tipo de forraje

Las plantas forrajeras se dividen en dos grandes grupos:

- Leguminosas
- Gramíneas

Las gramíneas tienen, en general muchas fibras y bastantes energías, pero poca proteínas, y las leguminosas tienen más proteína, pero menos energía y fibras (Ruminants Blog, 2022)

Los forrajes son la base de la alimentación de cualquier animal herbívoro, entre los que se encuentra el ganado bovino. Su alto contenido en fibra es imprescindible para mantener el equilibrio ruminal, el funcionamiento orgánico de su tracto gastrointestinal y las proporciones de nutrientes aprovechables (Aguilar y Galo, 2019).

Contar con pastos de gran calidad es un factor determinante para conseguir una correcta alimentación del ganado que logre cubrir sus necesidades. Gracias al perfil nutricional del pasto, la carne del ganado extensivo tiene en general una proporción de grasas (Aguilar y Galo, 2019)

La calidad de los pastos y forrajes naturales que consumen los animales juega un papel fundamental en el aporte de proteínas y energía. Un forraje o pasto de mala calidad significa baja digestibilidad, lo que conlleva una disminución del consumo voluntario y de la actividad ruminal. Esto deriva en una reducción de la eficiencia de utilización de los nutrientes y por tanto en una baja ganancia de peso. Contar con pastos de gran calidad es un factor determinante para conseguir una correcta alimentación del ganado que logre cubrir sus necesidades. (Aguilar y Galo, 2019)

El King Gras, es un cultivo reportado como altamente resistente a la sequía, pero capaz de alcanzar rendimientos de hasta  $45 \text{ t.ms}^{-1}$  en condiciones de lluvias abundantes y en suelos de textura media, reportados por Herrera (2019). Este mismo autor reporta al King Gras, como la especie de mayor potencial de respuesta bajo riego, alcanzando  $11,7 \text{ t/ms/ha}$  en tratamiento de mayor frecuencia de riego (90% CC), en la época de seca y  $3,2 \text{ t/mes/ha}$  en secano. Herrera (2019), reporta para este cultivo bajo riego rendimientos superiores al 50% con respecto al pasto estrella y bermuda cruzada cuando se corta cada seis semanas. Mientras Suárez (2019), obtuvo un rendimiento bajo riego de este cultivo superior en un 38% al compararlo con otros pastos (Aguilar y Galo, 2019).

La producción de King Gras pudiera verse afectada en el periodo de seca sino son aplicados los riegos suficientes para el buen desarrollo vegetativo del cultivo, por lo que la introducción de una técnica de riego por aspersión de baja intensidad con sistemas estacionarios y semi estacionarios en áreas pequeñas suple este déficit de agua. (Aguilar y Galo, 2019)

### **1.3.1. Variedades de pastos explotadas en Cuba**

Sánchez *et al.* (2019), espone que en Cuba son explotadas diferentes variedades de pastos, de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas de la región. Entre ellas:

1. Pasto Guinea (*Panicum maximum* L)
2. Gran estrella (*cynodon nlemfuensis* L)
3. Pángala (*Digitaria decumbens* L).

Gramíneas son las que se conocen comúnmente como Pastos y su nombre proviene del latín “Pastus”, y son los más requeridos por los rumiantes alrededor de 60-70% de su dieta, debido al

contenido de fibra necesario para el funcionamiento del rumen. Además presentan contenidos de carbohidratos medio a alto (Energía) y contenidos de proteína medio – bajos alrededor 2 – 14% con un promedio 7%. Se adaptan con facilidad a diferentes climas y tipos de suelos por lo que podemos afirmar que no existen ni el Mejor pasto ni el pasto de mala calidad, solo se puede llamarlo como pasto mejor adaptado a las condiciones que se le brinde en el sitio en el que se estableció.

La característica principal que poseen las gramíneas o los Pastos es la capacidad de producir biomasa de alta calidad a base de agua y energía solar (fotosíntesis) pero su calidad nutricional puede verse afectada por factores como: edad de la planta y la época del año, ya que a medida que el pasto es más viejo entrara en floración y todo su contenido de proteína, vitaminas, minerales, serán destinados para la producción de flores o espigas, y cuando verano es fuerte y prolongado, todos los nutrientes mencionados anteriormente disminuyen drásticamente. Generalmente las gramíneas son pobres en proteína por tal motivo se recomienda asociarlas con leguminosas para ofrecer una dieta de mayor calidad (Sánchez *et al.*, 2019)

En Cuba, se cultivan varias variedades de pastos para la alimentación del ganado. Algunas de las principales variedades son:

1. Pangola: es una variedad de pasto perenne que crece muy bien en climas cálidos y húmedos. Es muy nutritivo y tiene un alto contenido de proteína.
2. Guinea: es una variedad de pasto perenne que también se adapta bien a los climas cálidos y húmedos. Es muy resistente y puede crecer en suelos pobres.
3. Estrella: es una variedad de pasto perenne que se adapta bien a los climas cálidos y secos. Tiene un alto contenido de proteína y es muy nutritivo.
4. Brachiaria: es una variedad de pasto perenne que se adapta bien a los climas cálidos y secos. Es muy resistente y puede crecer en suelos pobres.
5. Digitaria: es una variedad de pasto anual que se cultiva en zonas de clima cálido y húmedo. Es muy nutritivo y tiene un alto contenido de proteína.

Estas son solo algunas de las variedades de pastos que se cultivan en Cuba para la alimentación del ganado. Cada una tiene sus propias características y beneficios, y los agricultores deben elegir la variedad adecuada según las condiciones climáticas y del suelo de su región (Cerdas y Vallejos, 2020).

#### **1.4. Plantas forrajeras en explotación en la ganadería vacuna**

La inclusión de plantas forrajeras en la alimentación del ganado vacuno es fundamental para asegurar una dieta equilibrada y adecuada para los animales. Los pastos, aunque son la base de la alimentación del ganado, no siempre contienen todos los nutrientes necesarios para mantener una buena salud y un crecimiento adecuado.

Por esta razón, se cultivan otras plantas forrajeras que aportan proteínas, energía y otros nutrientes importantes para el ganado. La morera, por ejemplo, es una planta muy nutritiva que aporta proteína de alta calidad. El maíz forrajero es rico en energía, lo que lo convierte en una opción popular en la alimentación del ganado.

La soya es otra leguminosa que se utiliza como suplemento en la alimentación del ganado debido a su alto contenido de proteína. La caña de azúcar es rica en energía, lo que la convierte en una opción popular en la alimentación del ganado. El sorgo, por su parte, es una planta resistente a la sequía y rica en energía, lo que la hace ideal para las regiones con condiciones climáticas adversas.

En conclusión, la inclusión de plantas forrajeras en la alimentación del ganado vacuno es fundamental para asegurar una dieta equilibrada y adecuada para los animales. Los agricultores deben seleccionar las plantas adecuadas según las condiciones climáticas y del suelo de su región, y combinarlas con los pastos para obtener una dieta completa y equilibrada para sus animales (García, 2021).

##### **1.4.1. El *Pennisetum purpureum* Taiwán morado**

Los cultivares Taiwán pertenecen a la especie *Pennisetum purpureum*, conocida con el nombre común de hierba elefante. Estos cultivares fueron introducidos en Cuba en el año 1978 a través de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" (EPPF, 2018), procedentes de Venezuela.

Aunque en la actualidad se desconocen los progenitores que les dieron origen, todo parece indicar que son producto de un trabajo de selección o hibridación debido a que su comportamiento general bajo las condiciones ambientales cubanas fue señaladamente más favorable que el encontrado en las variedades que clásicamente se utilizan para la producción de forraje, como napier, merker, candelaria, etc., e incluso más satisfactorios, en algunos parámetros de interés, que los obtenidos en el cv. Merkerón Mexicano y en el King Gras (EPPF, 2018).

Estos cultivares se caracterizan por un hábito de crecimiento erecto, con excepción del cv. 801-4, que presenta la distribución de sus rebrotes en una forma más o menos abierta. Las cepas, vigorosas y bien enraizadas, contienen alrededor de 30 a 50 hijos, cuando la siembra se realiza mediante esquejes de 4 a 6 yemas (EPPF, 2018).

La EPPF (2018), expone que estos hijos o rebrotes se producen a partir de las yemas basales y de su relativamente abundante sistema rizomatoso. Los tallos crecen a una longitud máxima de 130 a 350 cm en dependencia del cultivar y de la época, cuando no son sometidos a cortes; la coloración de los tallos es verde claro en los cvs.

Las hojas, de color verde oscuro alcanzan una longitud entre 80 y 120 cm, mientras que las vainas de color amarillo-verdoso mantienen una longitud entre 15 y 25 cm, observándose vellosidad únicamente en el cv. Taiwán A-148 cuando el pasto está totalmente pasado

En las recomendaciones sugeridas acerca de la distancia y profundidad de siembra en el establecimiento de especies forrajeras de porte erecto existe la coincidencia de que las mayores distancias (90-120 cm) y profundidades de 15-20 cm son las más deseables para alcanzar un buen establecimiento de estas especies en cortos períodos de tiempo y con un máximo de ahorro de semillas, sobre todo cuando se utilizan edades de la semilla entre 90-160 días, troceadas de manera tal que cada esqueje posea de tres a cinco nudos (EPPF, 2018).

Así, Crespo y Guzmán (2019), recomiendan la distancia de 100 cm en la siembra de hierba elefante comparada con 50, 75 y 150 cm, al disminuir la densidad de siembra y favorecer el cultivo mecánico y el riego. Corbea y Martínez (2019) recomiendan la siembra a distancia de 120 cm cuando estos autores la compararon con 60 y 90 cm, al encontrar, después de cinco cortes, un mayor número de hijos/planta y una mayor altura.

En el caso particular de los cultivares de Taiwán morado, no existen resultados experimentales donde se hayan estudiado estos aspectos; no obstante es posible sugerir distancias y profundidades de siembra, así como edad y número de yemas de la semilla muy similares a las señaladas para la siembra y establecimiento de hierba elefante y Taiwán morado, debido a la similitud existente en el hábito de crecimiento de estos cultivares y a las exigencias que pudieran hacer en el período de desarrollo post-siembra hasta el momento en que comience su explotación.

Los rendimientos de la hierba elefante, independientemente de la variedad y de las condiciones ambientales y de manejo, se encuentran entre los más altos dentro del amplio número de

gramíneas que crecen en los países tropicales y subtropicales. En una revisión sobre este género, Machado *et al.* (2020) reportan producciones de 14 y 35 t MS.ha<sup>-1</sup> con fertilización entre 200 y 400 kg de N, llegando a 84 t MS cuando se aplican altas fertilizaciones (856 kg.ha<sup>-1</sup>) (Corbea y Martínez, 2019).

En Venezuela Rodríguez, Bodisco, Capó y Nova (2019) al comparar los cvs. Taiwán A-148, Taiwán A.-144 y Taiwán A-146, alcanzaron los más altos rendimientos en este último (11,6 y 9,9 t MSha en las épocas de lluvia y seca respectivamente) y posteriormente en este mismo país, Arias (2021) al cortar los cvs. Napier, Mineiro, Enano y Taiwán A-146 obtuvo un rendimiento inferior en este último al alcanzar 9,1 t MS.ha con cortes cada 70 días.

Son innumerables los ensayos realizados en gramíneas tropicales, donde la frecuencia de corte ha sido objeto de estudio. En la mayoría de estos trabajos se ha puesto en evidencia que las frecuencias más prolongadas, sin llegar al punto donde se perjudique la calidad del pasto, son más favorables al producir mayores rendimientos y proporcionar una mayor estabilidad en la composición botánica del pastizal. Izquierdo y Puente (2019) al cortar la hierba elefante cada 30, 45 y 60 días con aplicaciones de 400-550-500 kg de N, P y K y bajo condiciones de riego, encontraron una respuesta positiva en el rendimiento del pasto a medida que aumentó la frecuencia de corte. Resultados similares con esta especie fueron reportados por Funes *et al.*

Ronda (2019) y por Omaliko (2020).

En Cuba, Machado *et al.* (2020) estudiaron el efecto de la frecuencia de corte sobre el rendimiento de MS, el porcentaje estacional de hojas, la velocidad de crecimiento, la altura y el porcentaje de rebrotes secos de los cvs. Taiwán, durante su primer año de evaluación, cuando los mismos fueron sometidos a frecuencias de corte de 5, 7 y 8 semanas y fertilización con 400-100-200 kg de N, P y K respectivamente. Los rendimientos que se producen al cortar con las frecuencias más prolongadas, es decir, 7 y 8 semanas, son indudablemente superiores a los alcanzados cuando el corte se produce cada 5 semanas.

Aun cuando el porcentaje de hojas favorece a la frecuencia más corta, el volumen total de hojas producidas fue mucho mayor cuando se cortó cada siete y ocho semanas, ya que se puede comprobar fácilmente que para el cultivar Taiwán. Es interesante destacar que estos cultivares mantuvieron relaciones hoja-tallo, incluso a edades avanzadas (56 días), superiores al 60% en este primer año, alcanzando más de 70% a esta edad en la época de seca (Machado *et al.*, 2020).

Machado *et al.* (2020), exponen que como es conocido, las variedades de hierba elefante utilizadas corrientemente para la producción de forrajes en Cuba y otros países tropicales presentan un marcado desbalance estacional de su producción, debido principalmente a que en el período de pocas precipitaciones, donde los días son más cortos y las temperaturas son más bajas, se produce su floración, lo que motiva un marcado detrimento en su crecimiento y en consecuencia una notable caída en sus rendimientos.

Así, de acuerdo a los datos reportados en Cuba los rendimientos en el período comprendido entre noviembre y abril se encuentran alrededor del 20-25% de la producción anual de MS. En este sentido las nuevas introducciones son capaces de producir más del 35% de su rendimiento total en el período de seca independientemente de la frecuencia de corte, no difiriendo del King Gras (Machado *et al.*, 2020).

### **1.5. Sistemas de fertilización en áreas forrajeras**

García (2021), expone que en áreas forrajeras, los sistemas de fertilización desempeñan un papel crucial para mantener y mejorar la productividad del pasto. Aquí hay algunas opciones comunes de sistemas de fertilización utilizados en áreas forrajeras:

- Fertilización orgánica: Este sistema implica el uso de materiales orgánicos, como estiércol animal, compost o residuos vegetales, para aportar nutrientes al suelo. Estos materiales se descomponen gradualmente, liberando nutrientes de manera sostenida y mejorando la estructura del suelo. La fertilización orgánica es una opción popular para agricultores que buscan prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.
- Fertilización química: Este sistema implica el uso de fertilizantes químicos, que son productos fabricados específicamente para suministrar nutrientes a las plantas de manera rápida y concentrada. Los fertilizantes químicos generalmente contienen una combinación de nitrógeno, fósforo y potasio, así como otros micronutrientes necesarios para el crecimiento saludable del pasto. Es importante seguir las recomendaciones de dosificación adecuadas y evitar la aplicación excesiva de fertilizantes químicos, ya que esto puede tener impactos negativos en el suelo y el medio ambiente.
- Fertilización foliar: En este sistema, los nutrientes se aplican directamente sobre las hojas del pasto mediante pulverización. Los fertilizantes foliares suelen contener nutrientes solubles en agua y pueden ser absorbidos rápidamente por las plantas. Este método es útil cuando el pasto tiene deficiencias nutricionales visibles o cuando se requiere una

respuesta rápida, como en situaciones de estrés o durante la temporada de crecimiento activo.

Es importante tener en cuenta que los sistemas de fertilización deben adaptarse a las necesidades específicas de cada área forrajera. Se recomienda realizar un análisis de suelo para evaluar los niveles de nutrientes y determinar las cantidades adecuadas de fertilizantes a utilizar. Además, se debe considerar la rotación de pastizales y otras prácticas de manejo adecuadas para mantener la salud del suelo y la productividad a largo plazo (Pezo, 2018).

Se recomienda utilizar fertilizantes nitrogenados, a razón de 150 Kg N.ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>, con cortes de 56 días en el pasto Cuba OM--22. El nitrógeno debe fraccionarse en tres dosis de 0Kg N.ha<sup>-1</sup>, a los 5,10 y 15 días luego del corte. Productividad del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpurem X Pennisetum glaucum*) con distintas dosis de fertilización nitrogenada (Benalcázar *et al.*, 2021). La fertilización, consiste en la aplicación de productos orgánicos o inorgánicos, naturales o sintéticos, comúnmente llamados abonos o fertilizantes para devolverle al suelo los elementos perdidos por cosechas anteriores o por el lavado y erosión del suelo (Oropesa *et al.*, 2019)

### **1.5.1 Fertilización mineral**

Minerales

- Simples
- Compuestos
- Mezclas
- Macro nutrientes
- Micro nutrientes
- Sólidos
- Líquidos (Oropesa *et al.*, 2019)

### **1. 5.2 Fertilización orgánica**

Es un abono orgánico que se forma por la degradación microbiana de materiales acomodados en capas y sometidos a un proceso de descomposición; los microorganismos que llevan a cabo este proceso están de manera natural en el medio ambiente (Benalcázar *et al.*, 2021).

Materiales:

- Tierra de bosque
- Materiales ricos en nitrógeno como: restos de frutas y verduras, pulpa de café, cañón de plátano, estiércoles (materiales que se descomponen rápidamente)

- Materiales ricos en carbono como: hojarasca, cascarilla de café, rastrojo (materiales que se degradan lentamente)
- Ramas de aproximadamente 1 cm de diámetro
- Agua
- Pala (Puerto, 2020)

Importancia de los abonos orgánicos.

La incorporación de materia orgánica al suelo, mejora sus propiedades físicas, químicas y biológicas (como la estructura y permeabilidad, la capacidad de retención de agua) forma agregados más estables, y da capacidad de intercambio catiónico, facilitando la absorción de nutrientes por la raíz, estimulando el desarrollo de la planta; en suelos arenosos mejora la cohesión de las partículas, la microflora nativa de la composta ayuda a controlar patógenos del suelo (Harrison, 2019).

Desde el punto de vista de la biorremediación esta flora microbiana también favorece la inactivación de sustancias tóxicas como trinitrotolueno (TNT), fenilciclidina (PCP), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), gasolinas, aceites, entre otros. Al haber una mayor actividad microbiana se mejora la movilización de nutrientes, y los organismos que van muriendo son rápidamente incorporados al suelo. Físicamente, la materia orgánica mejora la estructura del suelo al favorecer la permeabilidad, por lo que las raíces pueden penetrar con mayor facilidad; las sustancias húmicas incrementan la micorrización de las raíces, además forman complejos fosfo-húmicos haciendo más disponible este nutriente para la planta, también contribuyen a mejorar las cadenas tróficas del suelo. Otro beneficio del humus es su potencial para controlar poblaciones de patógenos del suelo (Harrison, 2019).

Algunas bacterias y hongos con actividad antagónica sobre patógenos del suelo son: *Bacillus spp.*, *Enterobacter spp.*, *Flavobacterium balustinum*, *Pseudomonas spp.*, *Streptomyces spp.*, entre otros géneros de bacterias; y *Trichoderma spp.*, *Gliocladium virens* Miller, *Penicillium spp.*, entre otros géneros de hongos. La naturaleza de la materia orgánica utilizada y la densidad de inóculo del patógeno existente en el suelo, son factores que pueden influir sobre el nivel de control de la enfermedad alcanzable por la composta. Por otro lado, los agentes de bio-control inhiben o matan a los patógenos en la composta madura y, por lo tanto, inducen la supresión de enfermedades (Harrison, 2019).

Los agentes de bio-control en la composta pueden inducir la resistencia sistémica adquirida a los patógenos. El suelo debe presentar de manera ideal la siguiente composición: materia orgánica, 5%; materia mineral, 45%; agua, 25%; y aire, 25%; para que se puedan llevar a cabo los ciclos que ocurren de manera normal. Al tener un buen contenido de materia orgánica y de minerales, la planta nunca dejará de recibir su dosis diaria de nutrimentos, manteniendo un suelo fértil con pérdidas mínimas, lo que se traduce en plantas y frutos de mayor calidad.

Uno de los beneficios en las plantas fertilizadas orgánicamente es que son menos propensas al ataque por insectos-plaga, al tener un balance más adecuado de nutrimentos, esto fue descubierto por el científico francés Francis Chaboussou en 1985, quien demostró la dependencia entre la calidad nutricional de las plantas y la aparición de plagas. Este proceso genera la síntesis de proteínas, y al haber un desbalance nutricional los enlaces proteicos, se rompen, desdoblándose en aminoácidos, los cuales son la base alimenticia de la que se nutren los organismos heterótrofos para sintetizar sus propias proteínas.

Según la teoría de la trofobiosis, las defensas orgánicas de los vegetales contra el ataque de plagas están en un contenido equilibrado de sustancias nutritivas en la savia o citoplasma. En el manejo orgánico del suelo (forestal y agrícola) puede presentar algunas desventajas, pero a largo plazo estas serán superadas, por ejemplo: a. Efecto lento, ya que el suelo se adapta a cierto manejo, y al retirarle al 100% los compuestos sintéticos no es provechoso, por lo que se recomienda un sistema combinado (convencional y orgánico) con el afán de hacer un cambio gradual y ayudar al suelo a restablecer el equilibrio natural. b. Los resultados se esperan a largo plazo, el cambio debe ser gradual, ya que poco a poco el suelo restituirá los procesos de formación y degradación de la materia orgánica hasta llegar a un nivel donde solo requerirá una mínima cantidad de nutrimentos para mantener dicha actividad; sin embargo, durante este proceso mejora la fertilidad del suelo, teniendo un mayor porcentaje de germinación y mejor adaptación de plántulas al trasplantarlas (Harrison, 2019).

El período de transición para que un suelo tenga producción orgánica oscila entre los tres y cinco años; y dependiendo del manejo previo del suelo y de los factores del medio ambiente, puede extenderse hasta los ocho años. c. Se debe estar consciente de que los costos en el manejo del suelo al inicio aumentan al hacerlo orgánicamente, pero de igual forma se tendrán plantas y frutos de mejor calidad, traducándose esto en más ingresos y menor costo del manejo del suelo en un futuro, sin contaminar el agua y medio ambiente; esto debido a que en el período de

transición mejora la estructura del suelo, así como su permeabilidad, y al haber un mejor intercambio gaseoso, la flora microbiana nativa del suelo mejora su actividad, y la fertilidad del suelo (Puerto, 2020 y García, 2021).

Un abono orgánico es todo material de origen natural que tenga propiedades fertilizantes o de mejoramiento de suelo, que no es obtenido por síntesis química. La agricultura orgánica promueve su uso por los múltiples beneficios a nivel físico, químico, microbiológico y orgánico, dando beneficios al suelo y a la planta, también tiene ciertas desventajas, una de ellas es que no muestran resultados inmediatos o a corto plazo; sin embargo, a mediano y largo plazo se establece un equilibrio en los nutrimentos del suelo, aumentando su fertilidad sin necesidad de incorporar insumos externos.

La composta, la lombricomposta, el bocashi y el abono a base de lirio acuático son los cuatro abonos orgánicos más usados, todos permiten el aprovechamiento de los desperdicios de los cultivos y animales para convertirlos en materia orgánica o humus. Otra forma de incorporar materia orgánica al suelo son los abonos líquidos, los cuáles al igual que en los abonos sólidos tienen la finalidad de incorporar nutrimentos al suelo y además mejorar la actividad microbiana del mismo. El humus de lombriz, la leonardita soluble, el guano, el té de compost, fertilizante de humus líquido con caldo sulfocálcico, y el caldo de estiércol de caballo, son los más usados, por su fácil preparación y manejo (García, 2021)

El humus posee numerosas características físico-químicas que provocan efectos positivos tanto en el suelo como en la planta: mejoran la estructura del suelo, la retención de humedad, facilitan la absorción de nutrimentos por parte de la planta, y estimulan el desarrollo de las plantas. Los ácidos húmicos y fúlvicos mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas en los suelos, que conducen finalmente a un incremento en la productividad y fertilidad (García, 2021 y Puerto, 2020).

Su beneficio son: favorecen la formación de agregados estables, actuando con arcillas y humus, mejorando la estructura del suelo, aumenta la cohesión a suelos arenosos y disminuye esta en suelos arcillosos, dan un color oscuro al suelo, lo que provoca un aumento de su temperatura, el humus aumenta la capacidad de retención de humedad en el suelo, además mejora y regula la velocidad de infiltración del agua, disminuyendo la erosión producida por el escurrimiento superficial. (García, 2021 y Puerto, 2020).

Respecto al mejoramiento de las propiedades químicas del humus, se sabe que las sustancias húmicas elevan la capacidad de intercambio catiónico de los suelos; al unirse con las arcillas para formar el complejo arcilla-húmicos, forman complejos fosfo-húmicos manteniendo el fósforo en un estado asimilable por la planta, con lo que se supera el problema de la disponibilidad de fósforo en suelos ácidos que poseen la capacidad de fijación de este elemento; forma complejos humus-lignina, un complejo difícilmente asimilable por los microorganismos del suelo, pero que favorece la maduración del humus, elevando la capacidad tampón de los suelos y su acción quelante contribuye a disminuir los riesgos carenciales; esto favorece la disponibilidad de algunos micronutrientes para la planta, el humus es una fuente de gas carbonilo que contribuye a solubilizar algunos elementos minerales, con lo que facilita su absorción por parte de la planta, aporta además elementos minerales en bajas cantidades y es una importante fuente de carbono. Sobre la microbiología del suelo, se han reportado los siguientes beneficios: el humus es una importante fuente de carbohidratos para los microorganismos, favoreciendo el desarrollo normal de cadenas tróficas en el suelo (García, 2021 y Puerto, 2020).

Los efectos de las sustancias húmicas sobre la planta son muy diversos: los ácidos húmicos estimulan el desarrollo de raíces y tallos; existen reportes de que la aplicación de ácidos húmicos incrementa el crecimiento de la plántula y el contenido de nutrimentos en trigo *Triticum aestivum* L. (1753), tabaco *Nicotiana tabacum* L. (1753), maíz *Zea mays* L. (1753) y en tomate *Lycopersicon esculentum* (1768); por el contrario; si se aplican altos niveles de ácidos húmicos retarda el crecimiento de estas plantas o decrece el contenido de nutrimentos en las mismas, el tratamiento de semillas y sustratos con ácidos húmicos promueve el desarrollo de la radícula, mejora la absorción de micronutrientes como Fe-Cu y Zn, en maíz y en trigo, estimula y aumenta la absorción de y fósforo, esto podría ayudar a eliminar problemas de clorosis, no se observan efectos de las sustancias húmicas sobre la absorción de micronutrientes cuando la aplicación del humus se hace vía foliar (García, 2019 y Puerto, 2020).

Otros usos que tienen las sustancias húmicas en la agricultura son como aditivos en fertilizantes químicos. Diferentes sales de las sustancias húmicas como los humatos de Ca, se utilizan para incrementar la fertilidad del suelo. El humus y materiales que contienen humus se han utilizado a gran escala en la construcción, como aditivos para controlar la velocidad de secado del concreto. En la industria de la cerámica, las sustancias húmicas se han usado principalmente como aditivos para aumentar la dureza mecánica de la cerámica no procesada, y así mejorar su calidad. Los

ácidos húmicos se han empleado también en la producción de plásticos, especialmente como colorantes de nylon o plástico PVC y espumas de poliuretano (García, 2019 y Puerto, 2020).

La principal función de las sustancias húmicas en el ambiente es remover metales tóxicos, químicos orgánicos y otros contaminantes del agua. Se ha encontrado que los materiales de intercambio iónico basados en humato de Ca (calcio) se pueden utilizar para remover metales pesados, como por ejemplo Fe (hierro), Ni (níquel), Hg (azufre), Cd (cadmio) y Cu (cobre) de agua al reducirlos a sus formas menos reactivas y también pueden usarse para remover elementos radioactivos en agua desechada por las plantas de energía nuclear.

En el ambiente, los coloides orgánicos naturales (ácidos húmicos y fúlvicos) son importantes porque forman complejos solubles en el agua con muchos metales, incluyendo radio nucleídos, también conocidos como isótopos radiactivos. Sobre las aplicaciones biomédicas de las sustancias húmicas, se ha encontrado que la aplicación profiláctica de los ácidos húmicos en ratas disminuye significativamente la extensión del daño gástrico inducido por el etanol.

Las plantas del género *Brassica* producen diferentes tipos de biofumigantes, que se conocen como isotiocianatos (ITC). Los ITC son compuestos biocidas glucosinolatos, similar al metam sodio, y son producidos en el tejido de la planta. La biofumigación con ITC ha mostrado un gran potencial en el control de *Sclerotinia*. (Pung *et al.*, 2004) demostraron que la colza *Brassica napus L. subsp. oleifera (Delile)* (Sinskaya, 1928) forrajera, produce altos niveles de ITC en sus raíces, este compuesto es efectivo en el control de *Sclerotinia* y produce altos niveles de ITC en el follaje. Conforme los niveles de ITC disminuyen, después de la incorporación del abono en el suelo, sus efectos como supresor de enfermedades bajan gradualmente, ya que este metabolito solo se produce en una etapa del desarrollo de la planta. (Asirifi *et al.*, 2004) lograron reducir la incidencia y el coeficiente de supervivencia de *Sclerotinia sclerotiorum (Lib.)* de Bary (1884) mediante la aplicación de abonos orgánicos en lechuga (García, 2021).

### **1.5.3. Materia orgánica**

La materia orgánica constituye solo un por ciento del peso del suelo. También forma parte del ciclo del nitrógeno, fósforo y azufre, resultando un elemento favorecedor en la composición química, física y biológica del suelo. Boza (2019). Los elementos esenciales de los tejidos de las plantas y animales son el carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), y cerca de 15 elementos esenciales adicionales (Burri y Piarpuezán, 2019).

El incremento del abastecimiento de N mejora el crecimiento, demora la senescencia foliar y cambia en positivo la morfología de la planta. En condiciones de adecuado suministro de N se mejora la tasa fotosintética y se reduce la proporción de transpiración y se incrementa la longitud, ancho y el área foliar de la planta (Torres, 2019).

Los residuos de cosecha, basuras orgánicas, estiércoles sólidos y líquidos, abonos verdes y deyecciones de lombrices, son materiales orgánicos que se descomponen fácilmente cuando se aplican al suelo formando humus y produciendo elementos nutritivos para las plantas especialmente nitrógeno, potasio, azufre, calcio, magnesio, hierro, manganeso y boro. Ramírez *et al.* (2019), refiere en su estudio que con el lombricompost se obtuvieron rendimientos significativamente mayores con la dosis más alta ( $10 \text{ L ha}^{-1}$ ), mostrando correlación positiva entre la fertilización y el incremento del rendimiento en el cultivo (Ramírez *et al.*, 2019)

Según Gómez y León (2018), al aplicar abonos orgánicos al suelo se mejoraron las propiedades químicas del mismo, lo que influyó de forma directa en el incremento de los rendimientos. Estos mismos autores refieren que con la incorporación de abono orgánico al suelo se ha registrado un efecto positivo en las poblaciones de bacterias, actinomicetos y hongos benéficos y se ha mejorado sus propiedades físicas y químicas del mismo, lo cual influye directamente en los incrementos de los rendimientos agrícolas y crecimiento de las plantas. En *C. officinalis* y *M. recutita* se encontraron los mayores rendimientos de capítulos florales con la aplicación de humus de lombriz como materia orgánica. (Sánchez, 2019)

Según Boza (2019), desde tiempos remotos los campesinos relacionan los estiércoles, las hojas podridas e incluso “basura” de la casa con los abonos orgánicos, esto es correcto, pero subrayando que estos materiales biodegradables deben ser transformados por la acción de microorganismos y del trabajo humano ya que tienen efecto sobre el suelo, pues mantienen la flora microbiana del mismo, mejoran las propiedades físicas e hídricas de este, posibilitan mayor cantidad de nutrientes e incrementan la calidad de las cosechas, elevan y estabilizan la fertilidad de los suelos, aumenta la composición nutricional de los productos agrícolas.

Burri y Piarpuezán (2019) defienden que el estiércol vacuno contiene un 48.9% de materia orgánica, un 1.27% de Nitrógeno total, 0.81% de fósforo asimilable, 0.84% de potasio, un 2.03% de calcio y un 0.51% de magnesio.

La aplicación de abono orgánico, con o sin biofertilizantes, tuvo mejor efecto en la fertilidad del suelo que la aplicación de fertilizante inorgánico solo o combinado, al influir positivamente en todos los nutrientes del suelo (Lok, 2019)

Un estudio sobre la influencia de los abonos orgánicos, compost vegetal y humus de lombriz, de los biofertilizantes comerciales Ecomic y Azofert, en los índices de calidad de Caléndula y Manzanilla cultivadas en un suelo ferralítico rojo hidratado, arrojó como resultado que para el caso de la Caléndula se obtuvieron rendimientos de masa vegetal superiores y mejoras en la calidad de la droga, en tanto que en la Manzanilla aunque mejoraron los rendimientos de masa vegetal no se encontraron cambios en la calidad (Sánchez *et al.*, 2019)

Usos y aplicación del abono de lombriz La cantidad de abono de lombriz por aplicar a un suelo en particular dependerá del análisis químico de este; sin embargo, un criterio general es el de aplicar de 2 a 4 ton/ha de lombricomposta para suelos con buen contenido de materia orgánica. El abono se incorpora con el último paso de rastra, en forma conjunta con el fertilizante, con la semilla o al momento del deshierbe y aporque. En los frutales se aplica en la zona de goteo debiéndose cubrir con tierra u hojarasca (Sagarpa, 2018).

### **1.6. Humus de lombriz**

El humus de lombriz es un abono de primer orden, protege al suelo de la erosión, siendo un mejorador de las características físico-químicas y biológicas del suelo, de su estructura (haciéndolo más permeable al agua y al aire), aumentando la retención hídrica, regulando el incremento y la actividad de los nitritos del suelo, y la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas de forma equilibrada (nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y boro) (Crespo *et al.*, 2019)

El uso de humus de lombriz es una solución a los problemas del uso de fertilizantes químicos, no contamina el medio ambiente además es el fertilizante orgánico más completo e integral que se conoce, de fácil manejo y obtención. Es rico en elementos energéticos y minerales, mejora el drenaje, la aireación y la porosidad del suelo. Puede ser utilizado como sustrato de óptima calidad para la conducción de semilleros de especies vegetales. (Crespo, *et al.*, 2019 y Cerdas y Vallejos, 2020)

#### Características del Humus Sólido

- Es de color oscuro con un agradable olor a mantillo de bosque

- Contiene una elevada carga enzimática y bacteriana, que aumenta la solubilización de los nutrientes haciendo que puedan ser asimilados por las raíces, impide que dichos nutrientes sean llevados por el agua de riego.
- Influye en forma efectiva en la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas, aumenta notablemente el porte de plantas, árboles y arbustos comparados con otros ejemplares de la misma edad. Durante el trasplante previene enfermedades y evita el shock por heridas o cambios bruscos de temperatura y humedad.
- Contiene alto porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos, su acción combinada permite una entrega inmediata de nutrientes asimilables y un efecto regulador de nutrición, cuya actividad residual en el suelo dura hasta los cinco años.
- Opera en el suelo mejorando la estructura, haciéndolo más permeable al agua y al aire, aumentando la retención de agua y la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridas por las plantas.
- Es un fertilizante bioorgánico activo emana en el terreno una acción biodinámica y mejora las características organolépticas de las plantas.
- Su pH es neutro y se puede aplicar en cualquier dosis sin ningún riesgo de quemar las plantas.
- Puede almacenarse durante mucho tiempo sin que sus propiedades se vean alteradas.
- Actúa mejorando la estructura, textura, infiltración, porosidad de los suelos, permitiendo mayor desarrollo del sistema radicular de los vegetales
- Mayor capacidad de retención hídrica
- Transmite hormonas, vitaminas, proteínas y otras fracciones humificadores directamente del terreno a la planta. (Crespos *et al.*,2019 , Cerdas y Vallejos, 2020)

## **CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Localización y periodización de la investigación**

La investigación se realizó en la finca Maripa, perteneciente a la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Agricultura Urbana del municipio de Cumanayagua, provincia Cienfuegos, en el Consejo Popular Rafaelito. Localizada en las coordenadas x: 583 300, y: 256 430. Posee una superficie de 5,40 ha, de ellas 3,40 ha dedicadas a cultivos varios y 2, 00 ha para pastos y forrajes. Período de investigación 2022-2024



Figura 1. Localización de la Finca Maripa

### **2.1.1. Caracterización edafoclimática de la Finca Maripa**

Para la caracterización edafoclimática de la finca fue necesaria la revisión del mapa de Suelos 1: 25000 del instituto de Suelos, visitas a las fincas, recorridos por las áreas e intercambios con el productor, tenente de la tierra, se consultaron además datos de la Delegación Municipal de la Agricultura (2022) y el registro del INSMET (2022), además se consultaron resultados investigativos de otros autores que con anterioridad han trabajado en la Finca.

El suelo del área de estudio se clasifica como un tipo genético de suelo Pardo Grisáceo, Subtipo erogénico. Las características que definen a estos suelos como tipo genético, diferenciándolos de los otros suelos del tipo Pardo es su nivel más bajo de fertilidad, sobre todo por la textura ligera, menor capacidad de retención de nutrientes y humedad, así como una reacción del suelo más ácida.

Los Subtipos se establecen sobre a base de la presencia de horizonte mullido, características arénicas, humificación, presencia de nódulos ferruginosos y la evolución agrogénica o erogénica (Hernández *et al.*, 2015). El área se caracteriza por una pendiente del terreno ondulada estimada en un 32%. La sensación al tacto del suelo en todos los casos resultó áspera, con predominio mayor de fracción de arena y muy escasa presencia de partículas finas (limo y arcilla), lo que podría indicar un suelo franco-arenoso, que coincide con Hernández *et al.*, (2015), al referir que las variedades de estos suelos por su textura presentan un predominio de textura franco, franco arenoso y areno francosa. Mostró un horizonte mullido y la presencia escasa de nódulos ferruginosos.

La Figura 2 muestra el pH y la materia orgánica del suelo. Independientemente de las diferencias estadísticas que puedan existir, los suelos de la Finca presentan gran similitud, un pH entre ligera y medianamente ácido, de acuerdo a la clasificación de MINAG, (1984) y ácido (entre 5 y 5,5), según Martín (2011)

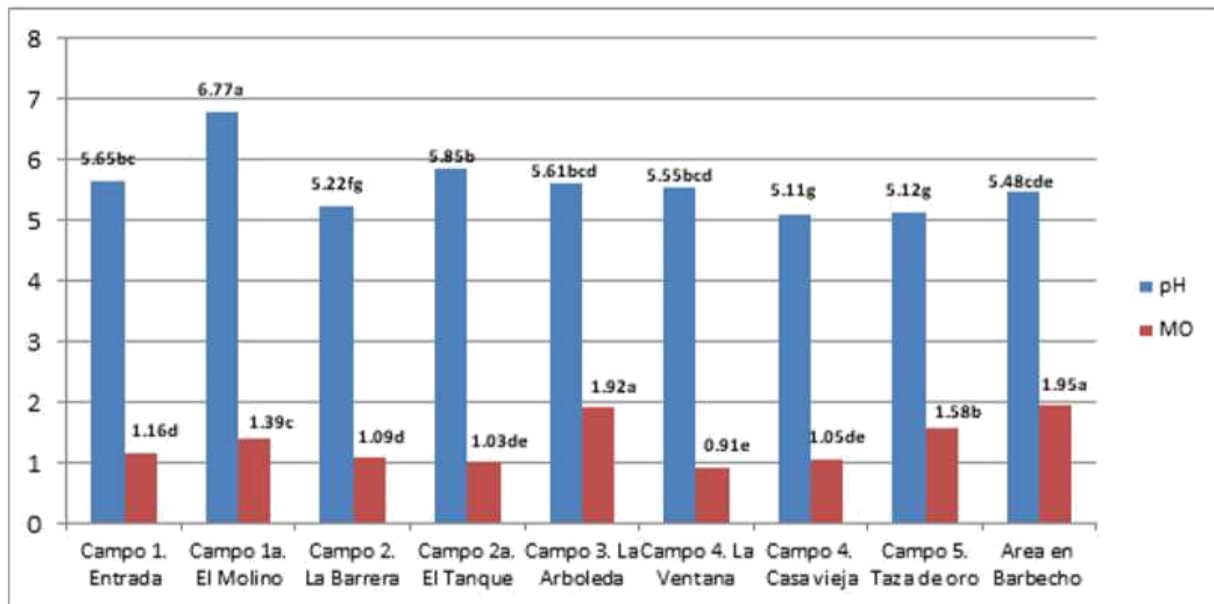


Figura 2. Contenido de MO y valor del pH. León *et al.* (2023).

Tabla 1. Características suelo de la finca Maripa. León *et al.* (2023).

pH	Materia orgánica (%)	P asimilable (mg. 100g suelo)	CE (µS.cm)	Densidad aparente (g. cm <sup>3</sup> )
5.85	1,03	0,304	63.24	1,65

Con respecto a las variables meteorológicas, este estudio en la finca tomó datos aportados por Campos Díaz y Parets Selva (2022), con análisis de los resultados medios históricos que se expresan en las figuras 3, 4 y la Tabla 2.

La pluviometría se caracteriza por un período lluvioso (mayo-octubre) y menos lluvioso (noviembre- abril), con una media histórica de 1402, 948mm se corresponde con las características de la región evidenciado en datos del Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET, 2023).

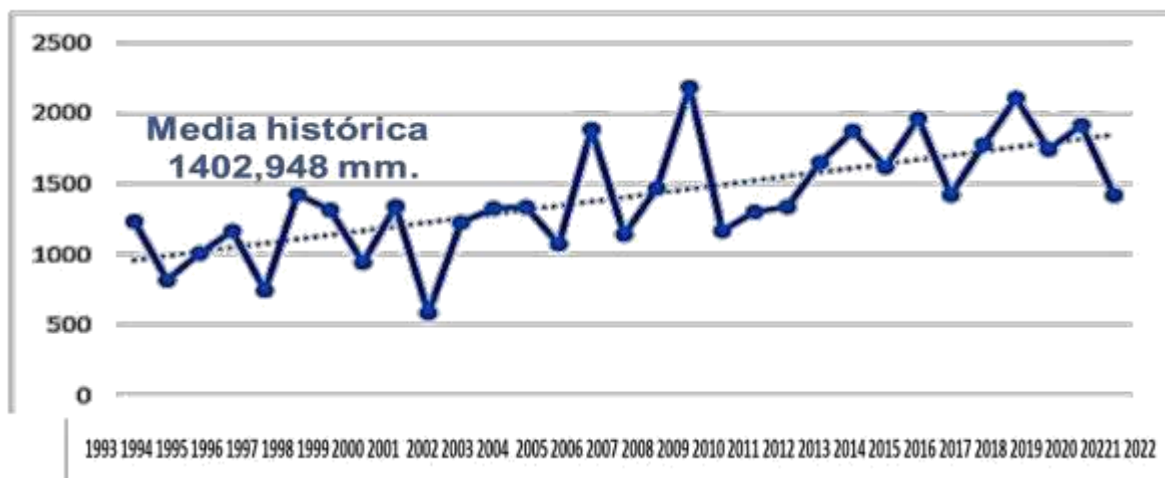


Figura 3: Media histórica de precipitaciones desde el año 1993 a 2022 (Campos y Parets, 2022)

La precipitación media anual de los últimos años es 1402, con 113 días de lluvias, considerándose dentro de la Zona Climática II, según los criterios de zonificación agrícola de Soto et al (2001). Se reporta el mes de julio como el más lluvioso con 240.1 mm y marzo como el más seco con 39.6 mm. Se diferencia un período donde las precipitaciones superan los 100 mm mensuales desde mayo a noviembre y otro en el que no se rebasa esa cifra desde diciembre a abril.

Tabla 2. Promedio de temperaturas mínimas y máximas. Campos Díaz y Parets Selva (2022)

	2018	2019	2020	2021	2022	Media
Mínimas	22,0	22,0	22,1	22	22,0	<b>22.0</b>
Máximas	34,2	34,5	34,2	35,0	35,0	<b>35.0</b>

Según los valores climatológicos generales para el área donde se enmarca la finca de estudio reportados por INSMET (2023), el régimen térmico de la zona presenta temperaturas promedio anuales de 25,3°C siendo los meses de julio, agosto y septiembre los más cálidos con 27°C y diciembre, enero y febrero los más fríos con 23,6°C, 23,5°C y 23,2°C respectivamente. La amplitud térmica anual entre los meses más cálidos y fríos es de 3,8°C.

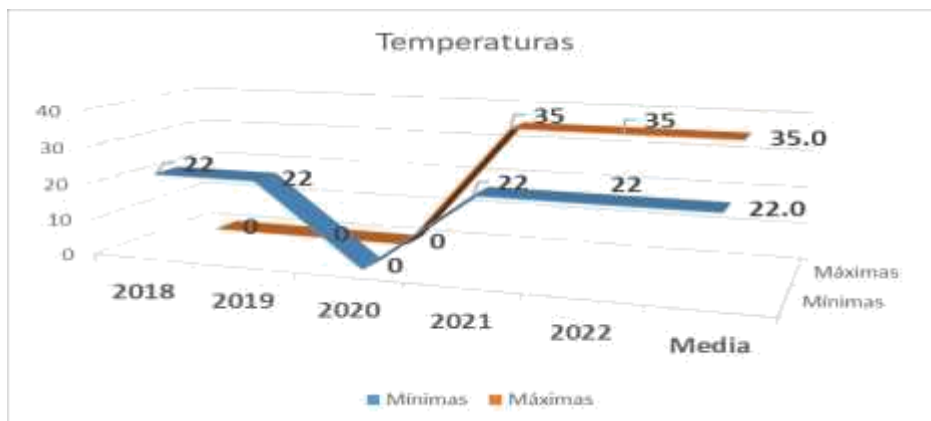


Figura 4. Temperaturas históricas. Campos Díaz y Parets Selva (2022)

## 2.2. Métodos, enfoque y técnicas de investigación

- En la presente investigación se utilizó el método experimental, utilizando parcelas en condiciones de campo.
- El factor de estudio fue la aplicación de humus de lombriz como fertilizante del *P. purpureum* cv Taiwán morado, en un área forrajera sobre suelo Pardo grisáceo.
- La preparación de suelo y el surcado para la siembra se realizaron con laboreo mínimo según Instituto de Suelos (2011), utilizando la tracción animal.

## 2.3. Diseño y procedimientos

El experimento se realizó en un diseño de bloques al azar con 3 tratamientos y 4 repeticiones, se estudió la aplicación en el *Pennisetum purpureum* cv Taiwán morado de tres fuentes de fertilización:

1. Urea
2. Humus de lombriz
3. Testigo

Los tres tratamientos fueron plantados en igual fecha, la fertilización nitrogenada y la orgánica se realizaron a los 20 días después de la plantación a razón de  $45 \text{ Kg N.ha}^{-1}$  en una dosis única y de  $2.5 \text{ t ha}^{-1}$  de humus de lombriz.

Las parcelas con un largo de 4.75 m y un ancho de 4 m para un área de 19 m<sup>2</sup> con 6 surcos separados a 0.80 m entre si y una separación de 0.50 m entre parcelas. Se tomaron para la evaluación los 4 surcos centrales y fueron desechados los bordes.

La producción de humus de lombriz se realizó a partir de lo establecido por la Ficha de Proceso de la Producción de Humus de Lombriz diseñada en la Finca Maripa (2022). Este proceso contempla la producción de este tipo de abono orgánico para satisfacer las demandas de la finca y de otras entidades agropecuarias. Esta ficha tiene en cuenta las Leyes, Decretos, Resoluciones y Cartas Circulares de los Organismos Centrales del Estado y del Gobierno aplicables al proceso, Lineamientos, Políticas y proyecciones estratégicas del Ministerio de la Agricultura.

Registros del proceso.

Se roturó la tierra el 31 de enero de 2023, se pasó grada el 16 de febrero, se surcó y se plantó el 17 de febrero. La semilla procedente del área de corte de la Empresa Pecuaria El Tablón. Método de plantación por esquejes a 15 cm de narigón y 0,75 de camellón. Cantidad de yemas por esquejes: 3-4. Una vez ubicado el material vegetativo, se procedió a tapar con la tierra de los entresurcos. Hasta la plantación del Taiwán morado transcurrió un período de 70 días, de acuerdo a la metodología de Herrera y Ramos (2006). Área de secano se realizó un riego previo a los 20 días posteriores.

El corte de establecimiento se realizó en los diferentes tratamientos a los 100 días de edad de forma manual a 5 cm de altura del suelo. Se midió la masa verde en los 4 surcos evaluados y se tomaron 200 gramos de masa verde para el análisis de laboratorio, donde el rendimiento de MV (t.ha<sup>-1</sup>), rendimiento de MS (t.ha<sup>-1</sup>), relación hoja/tallo se calcularon a partir de las fórmulas siguientes:

1.  $MV (t.ha^{-1}) = MV(Kg.parcela^{-1}) \times 10^2$ .
2.  $MS (t/ha^{-1}) = MV (t.ha^{-1}) \times \%$
3.  $MS \text{ 3. Relación hoja/tallo (en 200gr) = gr hoja/gr}$

tallo Mediciones:

Objetivo 1:

1. Altura de la planta a los 25, 50, 75 y 100 días de edad
2. Al corte de establecimiento:
  - Largo de la cuarta hoja
  - Ancho de la cuarta hoja

- Grosor del tallo

## Objetivo 2:

### 1. Producción de biomasa seca al corte de establecimiento

En el desarrollo de la investigación se operacionalizaron las siguientes variables:

- Ancho de la hoja. Representada en (cm). Se procedió a la medición de la hoja en dirección transversal mediante una cinta milimetrada. La hoja se colocó bien distendida, mas no forzarla sobre la cinta, en la cual indica la medición de su anchura, y su medición va desde el borde izquierdo pasando por la nervadura central al borde derecho de la misma hoja.
- Grosor del tallo. Representado en (cm). Esta dado por la medición de la caña de la planta específicamente del grosor de cada hijo o rebrote de la planta. Pudiendo ser tomada por un pie de rey.
- Masa fresca. Representado en (kg). Consiste en el pesaje inmediato de toda la planta, una vez que haya sido cortada al ras del suelo con alto contenido celular y previa limpieza de las hojas.
- Masa Seca. Expresado en kg. Una vez que la masa fresca haya sido sometida a un secado industrial o deshidratación natural y haya perdido toda humedad se procede a su pesaje donde demuestre que no hay alguna variación en cuanto al peso actualmente alcanzado.

Para la determinación de la masa seca se cortaron manualmente segmentos de 2 cm, que fueron empacados en formas de masa 2 kg, y fueron trasladadas a un área, donde se procedió al secado a temperaturas ambientales, luego de secado se procedió al pesaje en una balanza electrónica digital marca Zeus.

Para la comparación de los tratamientos, en cuanto a las diferentes variables estudiadas, los datos fueron sometidos a un análisis de varianza.

En los resultados alcanzados en este trabajo se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple. Para la determinación de las diferencias entre los tratamientos, se utilizó la dócima de comparación de rangos múltiples de Duncan  $p \leq 0,05$  (Duncan, 1985).

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Indicadores morfofisiológicos

#### □ Atura de la planta (cm)

La tabla 3 muestra el comportamiento de la altura a los 25, 50, 75 y 100 días de edad, con diferencias significativas después de aplicado los diferentes tratamientos, el efecto de la fertilización con urea se mostró ligeramente superior a partir de los 75 días de edad y hasta el corte de establecimiento el que se realizó a los 100 días, estos resultados se relacionan a la aplicación de la fertilización y al incremento de las precipitaciones en los últimos 50 días de la investigación.

Tabla 3. Altura de la planta a los 25, 50, 75 y 100 días de edad, cm.

Edad, días	Tratamiento				
	Humus	Testigo	Urea	ES	CV%
25	48,3	48,0	54,0	5,0311	12,14%
50	61,5	57,8	69,8	5,0132	12,95%
75	108,8	102,5	131,0	5,03543	12,04%
100	189,9 <sup>a</sup>	172,8 <sup>b</sup>	223,2 <sup>a</sup>	5,22838	12,2076%

Nota. Letras distintas indican diferencias significativas  $p \leq 0,05$  según Duncan (1985)

La tabla 4 expresa lo anteriormente planteado, mostrando diferencia significativa en las diferentes variables estudiadas ( $p \leq 0,05$ ), aunque puede apreciarse la mayor tendencia de crecimiento en la urea.

Tabla 4. Altura por Tratamiento

Tratamiento	Promedio	Coefficiente de Variación	Error Est	Grupos Homogéneos
Humus	189,813	12,2076%	5,22838	A
Testigo	172,75			B
Urea	223,188			A

Duncan  $p \leq 0,05$

La autora infiere que en la presente investigación hubo diferencias significativas en las diferentes edades del forraje estudiado a las edades de 25, 50, 75 y 100 días lo que coincide con lo encontrado por Ojeda *et al.* (2018, 2020) quien comparó la inclusión del humus de lombriz con tratamientos distintas sepas de hongos micorrizicos arbusculares, fertilizante químico y un testigo. En indicador altura el fertilizante químico superó a los fertilizantes orgánicos, el humus no difirió con los tratamientos donde se inocularon las cepas de hongos micorrizicos arbusculares. La edad de corte entre los 75-90 días, el pasto morado (*P. purpureum*), logra cepas de mayor altura y circunferencia, con hojas superiores en diámetro y longitud; a la vez que incrementa la producción de biomasa. A diferencia de la relación hoja/tallo y la DIVMS, que disminuyen conforme se incrementa la edad de corte.

A pesar de que las diferencias estadísticas son ligeramente significativas entre la aplicación del humus de lombriz y la urea, se pudo observar los efectos positivos de este residuo orgánico sobre los parámetros evaluados quedó demostrado y justificado por la mejoría que experimentan las características físico, químicas y biológicas del suelo cuando se le aplica un fertilizante orgánico, coincidiendo con lo planteado por Almaguer y Brunet (2019) en su estudio donde encontraron un aumento sustancial de las poblaciones microbianas cuando utilizaron sustratos orgánicos.

Rosthoj y Branda (2021) recomiendan el corte del pasto *P. purpureum* a los 90-120 días de edad, considerando como mejor opción a los 90 días, con el fin de aprovechar al máximo la producción de hoja y el contenido nutricional del forraje. En el caso de los resultados obtenidos con pasto morado a los 75-90 días se obtiene una alta producción; sin embargo, se produce una disminución de la proporción de hoja. Los estudios realizados por Valenciaga *et al.* (2019), con *P. purpureum* *vc.* Cuba ct-115, corrobora la marcada influencia de la edad en la DIVMS, encontrándose una disminución en los valores de 67.90% al 59.33% de digestibilidad, a los 28 y 140 días de edad, respectivamente.

Catalán (2017), en sus resultados de 30.7 y 37.89 toneladas de forrajes verdes de pasto Taiwán morado cortado a los 45 días de edad, y fertilizado con urea. Catalán (2017) reporta alturas del pasto Taiwán morado de entre 150 cm a 180cm. Clavijo (2018), reporta altura de 95 cm a los 60 días de edad y Caballero *et al.* (2018), de 132 cm a los 60 días durante la época lluviosa.

Los resultados obtenidos por Herrera (2019), en su trabajo de investigación con modelos de acumulación de biomasa y calidad en las variedades de Taiwán morado y King Gras durante la

estación lluviosa en el occidente de Cuba la altura de pasto (Taiwán morado) en cada uno de los tratamientos fue de 2,57 m, 3,18 m, 3,45 m y 3,93 m de altura a los 45, 60, 75 y 90 días al corte respectivamente debido a que las monocotiledóneas pueden alcanzar una altura hasta de 3,0 m.

Según Pastrana *et al.* (2019), en su trabajo de investigación con la caracterización fenotípica de dos variedades de pastos, Taiwán morado y (*Pennisetum purpureum*) Cuba CT-169, en condiciones del trópico seco afirman que el crecimiento y calidad de los pastos puede variar considerablemente de acuerdo con el manejo a que se someten, con efectos favorables o no según la especie de planta y las condiciones edafoclimáticas. Otros factores como la edad, altura de corte y fertilización mineral se encuentran entre los componentes que más determinan en las condiciones del trópico.

Para Mauricio (2022), la variable altura de la planta (m), no existió diferencia significativa, ( $P \leq 0.05$ ). Según Franco (2018), la altura para Taiwán morado se encuentra entre 1.80- 2.00 m y para Maralfalfa entre 1.50 – 2.50 m ambos cultivares a los 63 días de corte, los datos obtenidos en el presente estudio sobre los cultivos de Taiwán morado (2.62 m) y Maralfalfa (2.76 m), superan los parámetros reportados por Franco (2018).

Se tomaron criterios de coincidencia de Ojeda *et al.* (2018), quienes con el objetivo de incrementar el rendimiento y la calidad proteica de *Pennisetum purpureum* desarrollaron un trabajo experimental en áreas de campo de la Estación de Suelos Escambray, en un suelo Pardo grisáceo de baja fertilidad natural basado en inoculaciones con diferentes cepas de hongos micorrízicos arbusculares y la aplicación de humus de lombriz, donde la altura fue superiores en la variante con fertilización mineral, aunque sin diferencias con el humus de lombriz y las cepas *Glomus cubense* y *Rhizoglosum intrarradices*.

Varios investigadores han utilizado la variable, altura de la planta, para indicar el crecimiento y el rendimiento de los cultivos. En este sentido, Olivera (2019) la empleó para caracterizar algunas accesiones de *Brachiaria spp.*, Noda (2019) informó que dicha variable influyó positivamente en el rendimiento de MS de *Morus alba* L, mientras que Martínez *et al.* (2020) hallaron ecuaciones debidamente ajustadas entre la altura y el rendimiento de MS.

Se coinciden con criterios de García *et al.* (2022), que en sus investigaciones expresan que la dinámica de crecimiento mostró un patrón similar en todos los cultivares, y Taiwán morado se destacó ligeramente. En sentido general, la mayor altura se alcanzó en el periodo mayo-julio. Durante esos meses se registraron precipitaciones de 200 mm, la temperatura promedio fue de

26,4°C y la humedad relativa de 79%; por lo que las condiciones para el crecimiento y el desarrollo del cultivo fueron favorables. Se destacó en el crecimiento durante toda la etapa experimental. El periodo de mayor crecimiento fue julio-septiembre, lo que pudo estar relacionado con la cantidad de lluvia caída (312 mm). Además, en esta etapa las plantaciones pudieron haber recibido la mayor cantidad de horas-luz para realizar las funciones fotosintéticas. Los resultados coinciden con lo informado por Martínez *et al.* (2020), quienes hallaron que el Taiwán morado presentó una talla alta y un rápido crecimiento, y por Caballero (2019), quien obtuvo una mayor altura en la accesión del Taiwán morado.

Se coinciden con los resultados de Lok (2019) en cuanto a la altura del King Gras en un banco de biomasa de esta especie fueron mayores a los obtenidos en este trabajo, debido quizás a las diferencias que existieron en cuanto a la fertilidad de los suelos, así como al régimen de precipitación y demás condiciones ambientales.

Se coincide con criterios de Martínez *et al.* (2020), en cuanto al rendimiento de MS, no obstante, el rendimiento del Taiwán morado tendió a ser mayor. Coincidiendo con este autor, se asumen criterios de investigación al evaluar el Taiwán morado que difirió significativamente del resto de los tratamientos en este indicador, lo cual se manifestó en el período de lluvia y en el total anual. Ello corrobora lo señalado por Martínez *et al.* (2019) acerca de la relación entre la altura y el rendimiento, ya que este cultivar sobrepasó a los demás en altura y su rendimiento fue superior a las 40 t/ha. En la época de menor precipitación todos los cultivares tuvieron un comportamiento similar.

□ **Largo de la cuarta hoja (cm), grosor del tallo (cm), ancho de la cuarta hoja (cm), relación hoja/tallo**

La tabla 5 muestra los indicadores morfológicos en el momento del corte, pudiéndose apreciar que existió predominio en el crecimiento con el tratamiento de urea en 108.9 cm en largo de la cuarta hoja; en el tratamiento con humus 108.3 cm en el grosor del tallo y 4.9 cm en el ancho de la cuarta hoja y relación hoja tallo 0,40 cm.

Tabla 5. Parámetros morfológicos en el momento del corte.

Parámetros morfológicos	Tratamiento				
	Testigo	Humus	Urea	ES	CV%
Largo de la cuarta hoja, cm	108.6	108.3	108.9	1,94911	3,25486%
Grosor del tallo, cm	20.5	22.9	22.2	0,830597	8,33915%
Ancho de la cuarta hoja, cm	4.5 <sup>b</sup>	4.9 <sup>a</sup>	5.12 <sup>a</sup>	0,0850082	6,2627%
Relación hoja/tallo	0,4 <sup>a</sup>	0,4 <sup>a</sup>	0,2 <sup>b</sup>	0,00882277	25,801%

Nota. Letras distintas indican diferencias significativas  $p \leq 0,05$  según Duncan (1985)

De forma general, en las tablas 6, 7, 8 y 9 se observa que no hubo diferencias estadísticas significativas entre las variables estudiadas ( $p \leq 0,05$ ), se excluye las variables ancho de la hoja y relación hoja/tallo que presentan letras diferentes, aunque se aprecia mayor tendencia en la variable fertilizada con urea, seguida por el humus.

Tabla 6. Grosor por Tratamiento

Tratamiento	Promedio	Coefficiente de Variación	Error Est	Grupos Homogéneos
Humus	22,975	8,33915%	0,830597	NS
Testigo	20,5875			
Urea	22,2437			

Tabla 7. Ancho de 4ta hoja por Tratamiento

Tratamiento	Promedio	Coefficiente de Variación	Error Est	Grupos Homogéneos
Humus	4,8825	6,2627%	0,0850082	a
Testigo	4,5125			b
Urea	5,12			a

Duncan  $p \leq 0,05$

Tabla 8. Largo de 4ta hoja por Tratamiento

Tratamiento	Promedio	Coefficiente de Variación	Error Est	Grupos Homogéneos
Humus	108,313	3,25486%	1,94911	NS
Testigo	108,688			
Urea	108,938			

Tabla 9. Relación hoja-tallo (t.ha)

Tratamiento	Promedio	Coefficiente de Variación	Error Est	Grupos Homogéneos
Humus	0,401	25,801%	0,00882277	a
Testigo	0,406875			a
Urea	0,2263			b

Duncan  $p \leq 0,05$

A criterio de la autora, al aplicar el humus no se le dio el tiempo establecido para que produjera efectos con resultados positivos, coincidiendo estos resultados con lo planteado por varios autores que han estudiado los efectos de los bioestimuladores sobre las plantas, como Núñez y Robaina (2000) y Zulio y Adam (2004), quienes han planteado que para lograr un buen efecto sobre los diferentes órganos de las plantas es necesario que transcurra un período de tiempo, efecto que se logró en este experimento, ya que varios días posteriores de la segunda aplicación del lixiviado de humus de lombriz hubo diferencias significativas entre los tratamientos aplicados con respecto al tratamiento testigo.

Sobre la variable largo de la hoja, se coinciden con criterios de Donaghy y Fulkerson (2019) y Villalobos y Sánchez (2020), según sus análisis realizados se determinó que existen diferencias significativas en cuanto a los tratamientos en estudio del Taiwán morado, durante los 56, 63,70 y 77 días después de la siembra.

En esta investigación, a partir de los 56 días después de la siembra se comenzó a medir el largo de la hoja, donde el pasto Taiwán morado. Se coincide con criterios de Martínez (2020), donde el pasto Taiwán morado se seleccionó por presentar hojas más anchas y largas y la proporción es superior a los primeros 100 días de edad y debido a esto el contenido de proteína bruta de la biomasa es superior en 3-5%. Coincidiendo con criterios de Fortes (2020) y Herrera *et al.* (2019),

al igual que en este estudio, se informó que en la medida que se incrementa la población de pasto, aumenta el largo de las hojas.

Criterios de coincidencia de Asumí y Watanabe (2019) y Calzada *et al.* (2020), indicaron que la senescencia en hojas, se presenta debido a una pérdida gradual en la actividad fotosintética, que conduce a una degeneración y muerte de tejido, no sólo por efecto de la edad, sino también por efecto de las condiciones ambientales y de manejo.

No coincidiendo con otros autores Boudet *et al.* (2018) y (FAO, 2018), quienes plantean que el uso de productos biológicos, como es el caso del lixiviado de humus de lombriz, aumenta el peso de diferentes componentes del rendimiento de las plantas, pues se incrementa la producción de fotosintatos.

En literatura consultada Gómez *et al.* (2018), refiere que al incorporar el abono orgánico al suelo se ha registrado un efecto positivo en las poblaciones de bacterias, actinomicetos y hongos benéficos y se ha mejorado sus propiedades físicas y químicas del mismo, lo cual influye directamente el crecimiento de las plantas. Entonces se puede decir que el crecimiento vegetativo en altura de la planta depende de las dosis de Materia Orgánica aplicadas. Ocurriendo lo mismo en resultados obtenidos por Bautista (2021).

Autores citados por Rodríguez *et al.* (2018), señalan que el humus de lombriz es especialmente rico en fitoestimulinas, entre ellas las giberelinas, las citoquininas y las auxinas. Las citoquininas actúan a nivel de las células vegetales y estimulan la clonación de las estacas, de modo que favorecen el desarrollo de las células reproductivas, haciendo posible la formación de raíces. Las giberelinas y las auxinas ejercen su acción en el desarrollo vascular y foliar de las plantas y son determinantes en la formación de los frutos. Estos autores Boudet *et al.* (2018), (FAO, 2018) y Rodríguez *et al.* (2017) también destacan que el humus de lombriz contiene enzimas y microorganismos, componentes solubles en el agua y un alto contenido de sustancias nutritivas.

Araya y Boschini (2018) plantean que, en general, los cultivares de *P. purpureum* presentan mayor relación de hoja/tallo conforme avanza la edad; sin embargo, este crecimiento no es proporcional debido a que la producción de material en forma de tallo supera a la producción de hoja; con lo cual se obtiene, entonces, una relación hoja/tallo menor, conforme avanza la edad del pasto, lo cual concuerda con los resultados encontrados en pasto morado en este estudio. (Boudet *et al.*, 2018; (FAO, 2018) y (Araya y Boschini, 2018).

Calzada *et al.* (2014), plantea que la relación hoja-tallo tiende a disminuir conforme se incrementa la madurez del peso. Esto sucede a consecuencia de un aumento en la biomasa de tallos y material muerto.

Según Palma y Raudez, (2018), mencionan en su trabajo de investigación sobre la caracterización de dos cultivares de Cuba (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) que la variable ancho de hoja va en aumento para los pastos Taiwán morado, encontrando diferencias significativas en todo el periodo de estudio, con un ancho mínimo de 1,6 cm para el pasto Taiwán morado (7 días después de la siembra), con un máximo de ancho de hoja de (6,0 cm) para el Taiwán morado de (6 cm) alcanzado a los 91 días.

Los resultados de Mauricio (2022), para la variable relación hoja/tallo existió diferencia significativa, ( $P \leq 0.05$ ), el cultivar Maralfalfa fue superior un 14% al Taiwán morado. Molina (2019), reportó una relación hoja/tallo de 56% a los 60 días con programas de fertilización para cada cultivar, lo reportado por Molina (2019), superó en un 22% a lo reportado en este estudio, ya que este autor realizó su estudio a una altitud de 2,640 m.s.n.m. y un programa de fertilización adecuado para cada cultivar.

Con respecto a la variable, largo y ancho de la cuarta hoja, se coinciden con criterios de Donaghy y Fulkerson (2019) y Villalobos y Sánchez (2020), quienes exponen que para la realización de un estudio se toma en cuenta la cuarta hoja debido a que se considera una planta de 3 hojas ya que la primera hoja en emerger se vuelve senescente conforme la cuarta hoja emerge, dicho ciclo se mantiene después de 3 hojas verdes, por lo que la hoja más vieja morirá de no aprovecharse el forraje.

En este estudio, el análisis realizado en la variable largo de la hoja, determinó la existencia de diferencias significativas entre los tres tratamientos, durante los 70 y 77 días después de la siembra, y se afirmó la existencia de diferencias significativas en la variable ancho de la hoja. Criterios de coincidencia con Martínez (2020), muestra la longitud que presenta la cuarta hoja durante los días después de la siembra, en el Taiwán morado que alcanzó longitudes de 94.11 a 119.80 cm durante sus etapas de crecimiento y desarrollo, presentando su mayor longitud a los 84 días después de la siembra. Con respecto a la variable, Relación hoja/tallo, se coincide con criterios de Gamarra (2019), Hernández *et al.* (2019) y Fernández (2020), quienes exponen que según los resultados obtenidos en sus investigaciones en las etapas de campo a los 90 días después de la siembra se muestran resultados similares en los distintos tratamientos, donde el

pasto Taiwán morado posee una relación hoja tallo de 1.2 donde el 0.3 es hoja y el 0.25 es tallo. La relación hoja-tallo y hoja/no hoja, tienden a disminuir conforme se incrementa la madurez del pasto. Esto sucede a consecuencia de un aumento en la biomasa de tallos y material muerto, coincidiendo con criterios de Calzada *et al.* (2020).

En este estudio, cabe mencionar que la relación hoja/tallo disminuyó progresivamente conforme transcurrió la edad de crecimiento (de 2.13 a 0.22). Se coincide con criterios de Calzada *et al.* (2020), que expone que mientras mayor es la altura de la planta, mayor es la proporción de hojas sombreadas. La altura de la planta, presenta una correlación negativa con la biomasa foliar al incrementarse la altura de la planta.

Se difiere los resultados de esta investigación con los resultados obtenidos por Parets y González (2020) en un estudio al pasto Taiwán morado indica que, a medida que se incrementa la edad disminuye la relación hoja-tallo, estos resultados sugieren una reducción del crecimiento de la hoja al tiempo que el componente tallo mostró incrementos en su producción de biomasa.

La importancia radica en que los tejidos fotosintéticos se alojan en dicha fracción y aunque la producción total de materia seca de las gramíneas con buena proporción de hojas resulte baja, comparada con la de especies de mayor cantidad de tallos, debe recordarse que lo importante es la producción de material comestible, coincidiendo con criterios de Parets y González (2020) y Gamarra (2020).

Con respecto al diámetro del tallo, se coincide con León y Ravelo (2020) pues el diámetro es un comportamiento que se refleja en la variación de la producción, ya que esta variable, es una parte importante en el rendimiento de la materia seca, se coinciden criterios con Aguilar y Galo (2018) y Olivero y López (2019).

### **3.2. Indicadores de rendimiento**

En la tabla 10 se muestra los indicadores de eficiencia productiva, existiendo mayor rendimiento de masa verde y masa seca del *P.purpureum cv Taiwán morado* en el tratamiento con urea con 48,60 (t.ha<sup>-1</sup>) en masa verde, 16,02 (t.ha<sup>-1</sup>) en masa seca.

Tabla 10. Indicadores de eficiencia productiva

Indicadores	Tratamiento				
	Testigo	Humus	Urea	ES	CV%
Rendimiento de masa verde (t.ha <sup>-1</sup> )	46.72	39.25	48.60	3,50911	16,9913%
Rendimiento de masa seca (t.ha <sup>-1</sup> )	13,0	14,22	16,02	1,14231	16,9258%

Las tablas 11 y 12 expresan el rendimiento de masa verde y masa seca por tratamientos. El mayor rendimiento de masa verde se encontró en el tratamiento con urea, seguido por el testigo y el humus. De igual forma ocurre con el indicador de masa seca por tratamiento, solo que el orden en crecimiento es urea, humus, testigo. No hay diferencias significativas en las tres variables ( $p \leq 0,05$ ), aunque se aprecia mayor tendencia en la variable fertilizada con urea, seguida por el humus.

Tabla 11. Rendimiento MV por Tratamiento

Tratamiento	Promedio	Coefficiente de Variación	Error Est	Grupos Homogéneos
Humus	39,25	16,9913%	3,50911	NS
Testigo	46,725			
Urea	48,60			

Tabla 12. Rendimiento MS por Tratamiento

Tratamiento	Promedio	Coefficiente de Variación	Error Est	Grupos Homogéneos
Humus	14,225	16,9258%	1,14231	NS
Testigo	13,0			
Urea	16,025			

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Ojeda *et al.* (2018), cuando compararon la inclusión del humus de lombriz en una investigación para estudiar diferentes fuentes de fertilizante en el establecimiento de un banco forrajero de *Pennisetum purpureum* Taiwán morado.

Para Andrade (2018), en su trabajo de investigación sobre valores nutritivos de pasto Taiwán morado sometido a cuatro intervalos de corte en el valle del río Carrizal demostraron que la producción de biomasa tanto a los 70 como a los 90 días reflejó una gran capacidad productiva con medias generales de 110225,8 kg.ha<sup>-1</sup> y 125104,1 kg.ha<sup>-1</sup> respectivamente.

Según la investigación de Cerdas y Vallejos (2020) establecieron que las dosis crecientes de nitrógeno causaron un incremento en la producción de biomasa verde en relación con aplicar 50 kg N por hectárea, de 28 %, 157 % y 159 % con 100, 150 y 200 kilogramos de nitrógeno por hectárea, a los 56 días de rebrote luego del corte de uniformidad. Pero entre las dosis de 150 kg N y 200 kg N por hectárea no existió diferencia significativa, en la producción de biomasa verde, la mejor dosis de fertilizante fue de 150 kg N.ha<sup>-1</sup>.

Según Barén y Centeno (2017), los mayores resultados en producción de biomasa se dieron en el corte a los 90 días, alcanzando rendimientos de 52,46 kg ha<sup>-1</sup>, lo que es igual a 524.600 kg ha<sup>-1</sup>, el de menor rendimiento 27 kg ha<sup>-1</sup> o 270.000 kg ha<sup>-1</sup> fue para el corte a los 45 días debido a la edad de corte, a mayor tiempo mayor volumen de pasto.

En datos obtenidos por Vargas y Cerón (2019) en su investigación con la productividad del pasto Taiwán morado bajo diferentes densidades de siembra y frecuencias de cosecha, en donde se evaluaron tres densidades de siembra, definidas por las distancias entre surcos, las cuales fueron: 70 cm (4375 kg biomasa ha<sup>-1</sup>), 85 cm (3.750 kg biomasa ha<sup>-1</sup>) y 100 cm (3125 kg biomasa ha<sup>-1</sup>) y dos frecuencias de cosecha, a los 45 y 70 días después del corte de uniformidad (DDU).

Olarte *et al.* (2022) manifiestan en su investigación sobre el efecto de la producción forrajera de pasturas nativas e introducidas sobre la producción de leche en la amazonia colombiana, hallaron diferencias significativas, para el pasto *P. purpureum* Taiwán morado con 3.790 kg MS ha<sup>-1</sup> mayor al resto de pastos evaluados, seguido del pasto *B. brizantha cv Toledo*, y *B. ruziziensis* con 3.033 1 y 2.340 kg MS ha<sup>-1</sup> respectivamente, en contraste, el pasto con menor media de producción fue *Ischaemum indicum* con 829,33 kg MS ha<sup>-1</sup>. Igualmente, la precipitación presentó diferencia significativa sobre la producción de forraje (kg MS ha<sup>-1</sup>).

Los resultados alcanzados mostraron un mejor comportamiento de los indicadores en la variante con fertilización mineral, de igual forma la aplicación de micorrizas arbusculares y humus de lombriz incrementaron el rendimiento de biomasa, proteína bruta y las extracciones de N, P y K del suelo en relación al testigo, con una eficiencia micorrízica de 100% en *Rhizoglosum*

*intraradices*, lo que permite proponer estas opciones como alternativas para la fertilización del *Pennisetum purpureum* Taiwán morado en las condiciones de suelo evaluadas.

También hay concordancia con los resultados alcanzados por Ojeda (2020), cuando incluyeron el humus de lombriz en la inoculación de hongos micorrizicos arbusculares y humus de lombriz en el establecimiento del fertilizante orgánico en establecimiento en Taiwán morado, donde el humus superó al testigo sin fertilización en los diferentes parámetros de eficiencia productiva.

Los resultados logrados en relación a los indicadores de eficiencia productiva concuerdan con Vargas y Cerón (2019), quien realizó un estudio sobre el establecimiento del forraje King Gras donde comparó la fertilización química, humus de lombriz y un testigo sin fertilización. Se encontró que el tratamiento con mejores resultados en cuanto al crecimiento del pasto King Gras, así como con referencia a la producción de materia verde por Ha, fue el fertilizante.

Sin embargo, al considerar factores como los beneficios ambientales y el menor costo del fertilizante orgánico frente al químico se evidenció que a largo plazo, el tratamiento orgánico es el más adecuado para la sostenibilidad económica, ambiental y social en las actividades ganaderas en la meseta de Popayán. Este resultado es una contribución clave a la investigación en la línea de alimentación, metabolismo y nutrición animal.

En los resultados presentados por Mauricio (2022), para la variable rendimiento de forraje verde (Ton.Ha), existió diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ), en el rendimiento del Taiwán morado que fue superior (104.73 Ton/Ha). El rendimiento obtenido en este estudio se encuentra dentro de los parámetros reportados por Correa *et al.* (2020), con rendimientos de 60-117 Ton.Ha con fertilización con humus y urea.

Bajo las condiciones de siembra de ambos pastos se utilizó distanciamiento entre siembra de 1.25 metros entre surco, Correa *et al.* (2020) reportaron distanciamiento entre surco de 1-1.50 metros. Franco (2018), reportó rendimientos de materia verde de entre 70-120 Ton MV Ha dependiendo de la región y la época del año, el mismo autor reporta para el Taiwán morado, rendimientos de materia verde de entre 60-90 Ton.Ha por lo que los datos para este pasto se encuentran dentro de los parámetros reportados en otros estudios.

Los resultados de Mauricio (2022), para la variable rendimiento en materia seca (Ton.Ha), no existió diferencia estadística significativa entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ). El Taiwán morado (14.05 Ton.Ha) superó en términos de materia seca al cultivar Maralfalfa (13.42 Ton.Ha).

Mauricio (2022) reportó rendimientos de materia seca de 25.35 Ton MS.ha<sup>-1</sup>, y rendimientos durante época seca de 8 Ton MS.Ha, Telón (2018), reportó rendimientos a los 40, 60 y 75 días de 32.5, 37.37 y 47.48 Ton/MS/Ha anuales respectivamente.

Márquez *et al.* (2017), reportó rendimientos de materia seca de 15.6 Ton MS. ha a los 60 días, por lo que los datos presentados en el presente estudio están dentro de los parámetros reportados por dicho autor.

Rodríguez (2017), demuestra con su investigación que el comportamiento de los indicadores económicos reveló que, con la aplicación de humus de lombriz, se logran aumento de los rendimientos agrícolas.

Hernández y Guenni (2019), acotaron 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. Ortiz *et al.* (2019), de igual manera, el pasto morado se caracteriza por la elevada capacidad de convertir la energía luminosa en biomasa y su plasticidad ecológica. Estos atributos lo convierten en una especie con capacidad de producir alta cantidad de forraje.

Febles y Herrera (2019), mencionan que *P. purpureum* produce elevados rendimientos de MS, del cual el 32% corresponde a las hojas. La MS de la planta llega a 20%; mientras que la de las hojas y los tallos puede ser mayor o menor en dependencia del desarrollo de la planta y las prácticas de manejo.

Grajelas *et al.* (2018) en su estudio observa que el pasto Taiwán morado mostró una producción de aproximado 17tMV.ha<sup>-1</sup> a los 60 días de edad del rebrote.

Varios investigadores reportan producción de biomasa seca por hectárea superiores a las encontradas en el estudio de Ramos *et al.* (2015), al evaluar cuatro *Pennisetum*, entre ellos el Taiwán morado encontró producciones de 36t Ms durante la época seca y 28 t MS.ha<sup>-1</sup> durante la época lluviosa, con el aporte anual de 200kg N y 60 Kg P por hectárea y especialmente para el Taiwán morado de 39 Kg MS por hectárea durante la lluvia, además, al fertilizar en Taiwán morado la producción fue de 38 t MS por hectárea comparado con no fertilización de 30 t MS ha<sup>-1</sup>, con corte de 90 días Según Bernal (2020), la respuesta de los pastos a la fertilización, se expresa de diferente manera y el efecto más notable es el rendimiento de materia seca. Esta respuesta es la que generalmente se analiza para demostrar los beneficios obtenidos al fertilizar forrajes, pero la aplicación de nutrientes, afecta también la calidad del forraje.

Se coincide con criterios de Madera *et al.* (2023), con relación a las características morfológicas del pasto morado por efecto de la edad de corte, los resultados obtenidos pueden ser atribuidos a que, a medida que crece la planta en función de la edad, aumenta proporcionalmente el índice de área foliar; y, por ende, la síntesis de tejidos de reserva o sostén, incrementándose, por lo tanto, algunas características morfológicas de importancia.

En este estudio, la mayor altura de la cepa, diámetro basal del entrenudo, largo y ancho de la hoja se alcanzó a los 100 días de edad; los datos obtenidos estuvieron en los rangos señalados por Patiño (2018), quien menciona que el pasto elefante morado es una especie perenne de porte alto, crece en macollos, los tallos presentan una altura que varía de 2-3 m y diámetro del entrenudo de 2-4 cm. Las hojas tienen de 30-70 cm de largo y de 2- 3 cm de ancho; aunque pudiesen encontrarse plantas que alcancen valores superiores en altura, longitud y ancho de las hojas. Los resultados logrados en este estudio superan los enunciados por la autora.

El incremento de la producción del forraje, con la edad, se puede deber a un aumento en la tasa fotosintética como resultado de la presencia de mayor área foliar; al respecto, Hernández y Guenni (2019) 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. De igual manera, el pasto morado se caracteriza por la elevada capacidad de convertir la energía luminosa en biomasa y su plasticidad ecológica.

En coincidencia de este estudio con otro aspecto de importancia que influye en la producción, acorde con el aumento de la edad, es el envejecimiento de las hojas, conforme con el incremento de la fibra, elongación y diámetro de los tallos (Fajemilehin *et al.*, 2019; Verdecia *et al.*, 2019). Al respecto de ello, en el presente trabajo se encontró mayor producción conforme se incrementa la edad de corte, lo cual concuerda con lo reportado por los autores citados anteriormente.

El incremento de la edad de rebrote provoca cambios significativos en los componentes estructurales de los pastos. Sin embargo, el corte a edades tempranas provoca efectos negativos en la planta, ya que la remoción continua del área foliar reduce el contenido de reservas en las partes bajas de los tallos y raíces, con una afectación en el rebrote y crecimiento vigoroso después del corte (Moreira *et al.*, 2019; Pirela, 2020).

Lo mencionado anteriormente afecta la producción de forraje, obteniéndose bajos rendimientos al realizar el corte a edades tempranas, tal y como se observó en este estudio, presentándose

resultados similares a los encontrados por González *et al.* (2019), quienes trabajaron con dos cultivares de *P. purpureum* (verde y morado).

La edad de corte temprana (45 días) o tardía (100 días) no proporciona adecuados resultados, debido al deterioro que se produce en el área forrajera. Las edades de corte fijas, durante todo el año, tampoco ofrecen buenos resultados; y se sugiere, en general, que durante el periodo seco los cortes no se efectúen con una edad de rebrote mayor de 90 días, mientras que en el periodo lluvioso ésta no debe ser menor de 60 días (Herrera y Ramos, 2019). Herrera y Ramos (2019) al evaluar el pasto King Gras con tres dosis de nitrógeno (0, 200 y 400 kg ha<sup>-1</sup>) y tres edades de corte (45, 60 y 80 días) en un suelo ferralítico rojo, encontraron interacción significativa entre los tratamientos para el rendimiento de materia seca en el primer año.

Criterios Dean y Clavero (2019) y Verdecia *et al.* (2019), exponen que los mejores resultados se obtuvieron cuando el pasto es cortado a los 80 días, fertilizado con 400 kg N.ha<sup>-1</sup>. Estos resultados no concuerdan con lo obtenido en este estudio, tomando en consideración que la mayor producción de materia seca se obtuvo al realizar el corte a los 100 días con la aplicación de urea y humus.

La presencia de mayor relación hoja/tallo del pasto morado durante edades tempranas se puede deber a que la planta en esa etapa tiene la necesidad de crear sustancias necesarias para su desarrollo, con lo cual se contribuye a la mayor cantidad de hojas y menos proporciones de tallos. Contrario a ello, a edades avanzadas, se produce una disminución de la proporción de hoja con respecto al tallo, debido a un incremento en la longitud de los tallos y su grosor, así como al envejecimiento de las hojas, criterios de Dean y Clavero (2019).

Lo mencionado anteriormente concuerda con lo obtenido en el presente estudio, al encontrarse una reducción de la relación hoja/tallo conforme se incrementa la edad de corte. Al respecto, Febles y Herrera (2019) y Hertentains *et al.* (2020) mencionan que *P. purpureum* produce elevados rendimientos de MS, del cual el 32% corresponde a las hojas.

La MS de la planta llega a 20%; mientras que la de las hojas y los tallos puede ser mayor o menor en dependencia del desarrollo de la planta y las prácticas de manejo. Araya y Boschini (2018) plantean que, en general, los cultivares de *P. purpureum* presentan mayor relación de hoja/tallo conforme avanza la edad; sin embargo, este crecimiento no es proporcional debido a que la producción de material en forma de tallo supera a la producción de hoja; con lo cual se obtiene, entonces, una relación hoja/tallo menor, conforme avanza la edad del pasto, lo cual

concuenda con los resultados encontrados en pasto morado en este estudio. Rosthoj y Branda (2021) recomiendan el corte del pasto *P. purpureum* a los 90-120 días de edad, considerando como mejor opción a los 90 días, con el fin de aprovechar al máximo la producción de hoja y el contenido nutricional del forraje. En el caso de los resultados obtenidos con pasto morado a los 75-90 días se obtiene una alta producción; sin embargo, se produce una disminución de la proporción de hoja.

Con respecto a la disminución de la DIVMS, con la edad, se puede relacionar con el aumento de la concentración de los componentes de la pared celular, a medida que avanza la edad del rebrote (Capanema *et al.*, 2019). Los estudios realizados por Valenciaga *et al.* (2019) con *P. purpureum* Taiwán morado, corrobora la marcada influencia de la edad en la DIVMS, encontrándose una disminución en los valores de 67.90% al 59.33% de digestibilidad, a los 28 y 140 días de edad, respectivamente.

A diferencia de este estudio Madera *et al.* (2023), encontró que la edad de corte entre los 75-90 días, el pasto morado (*P. purpureum*), logra cepas de mayor altura y circunferencia, con hojas superiores en diámetro y longitud; a la vez que incrementa la producción de biomasa. A diferencia de la relación hoja/tallo y la DIVMS, que disminuyen conforme se incrementa la edad de corte.

Con respecto al porcentaje de materia seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), Sotomayor (2017), menciona en su trabajo de investigación que el mejor tratamiento fue el T4 (60 días) con un porcentaje de materia seca de (39,25 %) utilizando fertilizante orgánico (Biol). González *et al.* (2019), en su trabajo de investigación rendimiento del pasto King Gras (*pennisetum purpureum l. x pennisetum typhoides*) con cuatro fórmulas de abonamiento, expresa que la producción de materia seca del forraje King Gras, la obtuvo en el tratamiento (T3) que recibió como abono la fórmula (227-25-203) para producir  $14 \text{ t ha}^{-1}$ ) es la que tiene mayor materia seca con un  $2,68 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Con respecto al porcentaje de proteína (%), Arias (2021), afirma en su tesis basada en el comportamiento agronómico y valor nutricional de tres variedades de pastos (*Pennisetum sp*), presentó mayor valor de proteína con 14,67 %, Taiwán morado con 11, 69 % y superiores al King Gras Morado con 6,81 % para las épocas de corte se encontró que a los 60 días obtuvieron el mayor porcentaje con 11,12 %. Los menores porcentajes con cortes a los 40 días fueron de 11,02 % y 50 días con 11,02 %.

Para Pastrana *et al.* (2019), en la prueba de significación estableció que, el corte de 45 días del pasto Taiwán morado alcanzó el mayor porcentaje de proteína cruda con un valor de 20,31% y el menor 15,98% para el corte a los 90 días.

La investigación realizada por Morocho *et al.* (2023) menciones en el análisis proximal y paredes celulares, el corte realizado a los 30 días registró un mayor contenido proteico, buena fracción mineral, menor porcentaje de fibra y sus componentes, además de un óptimo contenido de grasa; mientras que los cortes efectuados a los 45 y 60 días se vieron afectados por la madurez del híbrido, presentando parámetros no muy lejanos a los mostrados en los 30 días, demostrando que la edad de corte influye sobre la bondad nutritiva del pasto.

De acuerdo con Herrera, (2019), en lo que respecta a fibra del pasto Taiwán morado el mayor porcentaje se obtuvo a los 90 días con 37,92% y el de menor contenido fue de 32,19% a los 45 días, demostrando en su morfología que a más edad mayor fibra.

Los resultados obtenidos por Condori *et al.* (2018) en la fibra cruda obtenida bajo la producción en diferentes ambientes con la aplicación de biol bovino, muestra resultados similares, siendo el valor más alto de 26.73% en carpa y 20% de biol bovino, el valor más bajo fue de 22.41% para el mismo ambiente con la incorporación 40% de biol bovino.

Se coincide con criterios de Mendoza *et al.* (2023), quienes determinaron que la mayor producción (kg ha<sup>-1</sup>) de materia verde en el pasto Taiwán morado fue en el T3 (70 días) con una producción de (170.100 kg ha<sup>-1</sup>) lo cual se comprueba que es el tiempo adecuado para obtener la mejor producción del forraje verde. El mayor porcentaje de proteína en materia seca fue en el T1 (50 días) con 13,98% seguido, por el T2 (60 días) con 12,08 % y como porcentaje inferior el T3 (70 días) con 11,46%. Los análisis bromatológicos en las diferentes etapas de corte (50, 60, 70 días) determinaron un intervalo óptimo de corte del pasto *Pennisetum sp.* Taiwán morado.

Al realizar las comparaciones entre la cantidad de biomasa producida cuando el pasto es abonado con fertilizante convencional (urea) vs fertilizante orgánico (humus de lombríz), los resultados presentados De la Cruz (2022), mostraron que no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ ) sin embargo se pudo apreciar que existe una diferencia ligeramente superior cuando el pasto se abona con urea, lo que no es de extrañarse ya que para los fertilizantes orgánicos es difícil alcanzar o superar los valores obtenidos cuando se utilizan suplementos químicos. Al ser la diferencia tan minúscula, el fertilizante orgánico se vuelve entonces una buena opción para ayudar o reemplazar a los fertilizantes químicos.

En cuanto a los valores obtenidos de MO, N y PC el análisis de varianza no mostró significancia en cuanto a la materia orgánica, por lo que, sin importar la dosis de fertilizante o la procedencia del mismo, los niveles de minerales se conservan casi iguales. Caso contrario a los niveles de N y PC donde hubo ligera diferencia marcada en la prueba de medias.

Los resultados muestran que al ser fertilizado con urea el pasto tiene mejor porcentaje de N y PC debido a la misma fuente de abonado, cuando se fertiliza con 69% de N obtenido del humus de lombriz la diferencia de medias es menor a 0.5 por lo cual no existe ( $p > 0.01$ ); sin embargo, al abonar solo con 46% de N proveniente de humus de lombriz si sobresale diferencia. En tal caso es mejor igualar el porcentaje de N que se encuentra en la urea cuando se usa humus de lombriz.

Los resultados de De la Cruz (2022), muestran que en cuanto al extracto etéreo no existe diferencia significativa cualquiera sea el caso, sin embargo, se puede observar que entre las medias hay un salto de aproximadamente 0.67; en cuanto a la fibra bruta si se encontró diferencia cuando se fertiliza con urea vs al ser fertilizado con solo el 46% de N presente en el humus de lombriz.

El uso de abono orgánico no logra sobrepasar los niveles de producción de biomasa cuando se compara con fertilizante químico, sin embargo, la diferencia es mínima por lo que puede ser una buena opción para disminuir costos de producción.

Rivera (2020), al determinar las diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos solo se destacan diferencias estadísticas significativas para la variable: peso total del forraje. Para las demás variables en estudio largo de hoja; ancho de hoja, peso de hoja, peso de raíz de leguminosa, peso total del pasto y peso total de leguminosa se observaron diferencias numéricas. Análisis determinado por la prueba de rangos múltiples de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Para las variables largas de hoja (cm); anchas de hoja (cm), peso de hoja (g); peso del forraje (g) y peso total del pasto es superior la asociación de Taiwán morado con 124,88 cm; 3,59 cm; 8,24 g; 1356,46g y 17869,17 g. respectivamente.

El mejor largo de hoja, peso del forraje, peso total del pasto y peso total del Taiwán morado se da en el periodo de 75 días con un promedio de 124,28 cm; 1706,88 g; 25267,50 g y 2435 g, en su orden. Para el ancho y peso de hoja el mejor periodo de corte fue a los 45 días con 3,76 cm y 7,92 g respectivamente. Al evaluar el efecto combinado entre el factor A (Asociaciones) y el factor B (Edades de corte) se encuentran diferencias estadísticas significativas y altamente significativas para las variables peso del forraje (g) y peso total del pasto (g). Para el largo de

hoja (cm); ancho de hoja (cm) y peso de hoja (g) solo se observan diferencias numéricas. Análisis obtenido empleando la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

Los datos obtenidos en las variables estudiadas concuerdan con Cedeño (2017), quien evaluó el comportamiento agronómico y valor nutricional de cinco pastos de corte en la hacienda "Rancho Brahman" cantón Santo Domingo, notándose un mayor vigor del Taiwán morado ya sea en explotación intensiva o en asociación con leguminosas.

Cedeño (2017), para las variables largo y peso de hoja es mejor la combinación (Taiwán morado + kudzu / 60 días) con 128,88 cm y 8.37 g en su orden; para el ancho de hoja (cm) la combinación (Taiwán morado + kudzu / 45 días) fue superior estadísticamente a los demás tratamientos 3,84 cm. Para las variables peso del forraje y peso total del pasto es superior la combinación (Taiwán morado + kudzu / 75 días) 2028,13 g y 27760.00 g, respectivamente.

La variable peso de la raíz de la leguminosa la asociación (Taiwán morado + Centrosema / 60 días) es superior a los demás tratamientos con 3,93 g, y finalmente la variable peso total de la leguminosa muestra superioridad a los demás tratamientos la asociación de (Taiwán morado + Centrosema / 75 días), con un valor de 2640,00 g.

Al evaluar el rendimiento de MS de Taiwán morado  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , el rendimiento total de la asociación de Taiwán morado + leguminosa  $\text{kg}/\text{ha}^{-1}$  y el rendimiento de materia seca de las leguminosas  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  se advierten diferencias estadísticas en esta última. Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

En los resultados la asociación de (Taiwán morado + Centrosema) muestra el mejor rendimiento de MS de la leguminosa 1009,53 g; para el rendimiento de MS del pasto de corte, así como para el rendimiento total es superior la asociación de (Taiwán morado + kudzu) con  $8984,52 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  y  $9690,84 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Al evaluar las edades de corte frente al rendimiento de MS Taiwán morado  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ; rendimiento de MS Leguminosa  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  y rendimiento total  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  se observan diferencias estadísticas altamente significativas entre las medias de los tratamientos Turkey ( $P \leq 0.05$ ). El mejor rendimiento de MS Taiwán morado  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ; rendimiento de MS Leguminosa  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  y rendimiento total  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  se observa a los 75 días con valores de 14598,30; 1284,22 y 15882,52  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  respectivamente (Cedeño, 2017).

## CONCLUSIONES

1. La altura de la planta con la aplicación del humus de lombriz llegó a los 100 días a 189,9 cm, mientras que con la aplicación de la urea llegó a 223 cm, y en la testigo en 172,8.
2. Los parámetros morfológicos al corte del establecimiento, se puede observar similitud en el porcentaje dando como resultados superiores en el tratamiento de Humus y Urea. Se observa mayor cm en el largo de la hoja más que en el ancho, debido a que la morfología de la hoja no es ancharse si no alargarse.
3. Se observa en los tres tratamientos un coeficiente de variación significativo en la relación hoja/tallo, importante, porque esta relación es la que favorece el desarrollo productivo de la planta en los indicadores de eficiencia de rendimiento de Masa Verde y Masa Seca.
4. El grosor del tallo en cm, en los tres tratamientos, es significativo, importante la medición de esta variable y los resultados para el rendimiento productivo, que, en este caso, el tratamiento con humus alcanza un promedio por encima del tratamiento con urea y testigo.
5. Los indicadores de eficiencia productiva en el rendimiento de masa verde y masa seca, se observa un rendimiento discreto en la urea.

## **RECOMENDACIONES**

- Establecer más días al corte de establecimiento para lograr resultados concretos en la aplicación del humus de lombriz en los indicadores de rendimiento.
- Incluir en la investigación otro tipo de forraje, de forma tal que permita efectuar comparaciones entre ellos, elementos que aportará evidencias científicas para la toma de decisiones.
- Diseñar acciones con vista a lograr mayor rendimiento en la producción de pastos y forrajes que cubran los requerimientos o necesidades alimentarias del ganado que le aporten mayor cantidad de nutrientes y mejore sus condiciones alimentarias.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, A., Murgueitio, E., Zapata, C., & Solarte, A. (2018). Establecimiento de sistemas agrosilvopastoriles institucionalmente sostenibles. Roma: FAO. [www.fao.org](http://www.fao.org)
- Acosta, J., Josua, J., Harz, L. (2018). Comportamiento agronómico y valor nutricional de tres variedades de pastos *Pennisetum sp.* <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/252/6/T-UTB-FACIAG-AGROP000024.pdf>
- Aguilar, A. & Galo, G. (2018). Valores nutritivos de pasto Taiwán morado (*Pennisetum purpureum*) sometido a cuatro intervalos de corte en el valle del río Carrizal. Calceta. <http://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/649/1/TA70.pdf>
- Almaguer López, J. & Brunet, E. (2019). Análisis del efecto del humus de lombriz combinado con la fertilización mineral y su residualidad en el cultivo de la yuca. *Centro Agrícola. UCLV*. 4(26), 15-18. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx>
- Andrade, A. (2018). Valores nutritivos de pasto Taiwán morado. [www.produccion-animal.com.ar/articulo/2987023/pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/articulo/2987023/pdf)
- Araya, M.M., & Boschini, F.C. (2018). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agro Mesoamericana*: 16 (1), 37-43.
- Argel, P. J. (2019). Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 14, 65-72.
- Arias, J. (2021). Comportamiento Agronómico y Valor Nutricional de tres variedades de pastos *Pennisetum* para corte en la zona de Pichilingue Provincia de Los Ríos. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>
- Arveladza, A. (2017). Variables meteorológicas en el manejo de pastos tropicales. II seminario internacional de agrosología. Quito: Universidad.
- Ashbell, G. & Weinberg, Z.G. (2019). Silage from tropical cereals and forage crop. En: FAO Electronic conference on tropical silage.
- Asumí, W. & Watanabe, W. (2019). Estudios morfológicos del *Pennisetum purpureum cv CT-169*. <http://www.agro.org/morfologia/2154892301/pdf>
- Barén, D. & Centeno, R. (2017). Producción de biomasa y concentración de nutrientes en el pasto cubano (*Pennisetum purpureum x P. tiphoides*) cv CT-115. Finca la Tigra. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

- Barreto, M. (2018). Especies reportadas en Cuba para los géneros de leguminosas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(2), 234-247. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v5i2.3664>
- Basigalup, V. (2019). Leguminosas forrajeras. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 32 (1),1
- Bautista, J.I. (2021). Determinación de la Materia Orgánica del Suelo (MOS). <https://www.dialnet.imirioja.es>
- Beliuchenco, R. & Febles, M. (2019). Caracterización del pasto CT-169. *Ciencias Pecuarias*, 6(2), 236-247.
- Benalcázar, Carraza, B. P., López, Caiza, C., Gutiérrez, León, A.F., Alvarado, Ochoa, Z. & Portilla, Narváez, R.A. (2021). Efecto de la fertilización nitrogenada en el crecimiento de cinco pastos perennes en Ecuador. *Pastos y Forrajes*, 44. <https://scielo.sld.cu>
- Benítez, D., Ricardo, & Romero, A., Guevara, O., Torres V., Ramírez A., Pérez, B., Miranda, M., Guerra J. & Olivera, C. (2019). Alternativas para la superación sostenible de carne vacuna en Valle del Cauto. *Rev. Cubana de Ciencia Agrícola*, (4),369-377. <https://www.redalyc.org>
- Bernal, J. E. (2020). Pastos y forrajes tropicales. Producción y manejo. Unidad de divulgación y prensa. Banco ganadero. 2ª Edición. Bogotá, Colombia. (p.544) .
- Borges, H.; Barrios, M.; Chávez, J. & Avendaño, N. (2019). Efecto de la fertilización con humus de lombriz durante el aviveramiento de la morera *Morus Alba* (L) en el campo experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del estado Yaracuy, Venezuela: INIA.
- Boudet Antomsrchi, A., Fabre, B. & Meriño Hernández, Y. (2018). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la respuesta agroproductiva del cultivo de la habichuela. *Rev. Centro. Agrícola*,42(2), 11-16. <https://www.cagricola.uclv.rdu.cu>
- Boul, S. W., R. J. Southars, R. C. Graham, and P. A. McDaniel. (2011). Soil genesis and classification. Wiley-Blackwell. Ames, IA, USA. Print ISBN: 9780813807690.
- Boza García, R. M., (2019). *Efectos de abonos órgano-minerales en un suelo Pardo mullido sin carbonatos, bajo producción cafetalera en la UBPC La Herradura*. (Tesis Doctoral ). Universidad de Las Villas.
- Briones, L. (2018). Comportamiento agronómico y valor nutricional de seis leguminosas rastreras en el cantón Quevedo. <https://eos.com/es/blog-author/lois-briones/>
- Burri, A. & Piarpuezán Caicedo, O. (2013). *Evaluación agronómica de tres densidades de siembra en el cultivo de tomillo *Thymus vulgaris*, mediante la aplicación de tres*

- fertilizantes orgánicos, con fines de exportación, en la parroquia de Yaruqui, provincia de Pichincha.* (Tesis de Grado). Universidad de Venezuela.
- Caballero, A. (2019). *Caracterización productiva de cinco accesiones de Pennisetum purpureum Schum.* (Tesis de Maestría). Universidad de Matanzas.
- Caballero, Mellado, J.; Carcaño, Montiel, M. G. & Mascarua, Esparza, M. A. (2018). Field Inoculation of Wheat (*Triticum aestivum*) with *Azospirillum brasilense* under temperate climate. *Symbiosis*. 13: 243-253.
- Calzada, Marín, J. M., Enríquez, Quiroz, J. F., Hernández Garay, A., Ortega, Jiménez, E., & Mendoza, Pedroza, S. I. (2020). Análisis de crecimiento del pasto CT-169 en clima cálido subhúmedo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(2), 247.  
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v5i2.3664>
- Campos Díaz, Y. & Parets Selva, E.R. (2022). *Caracterización de la plantación de café (Coffea arabica L) cv Laferno en la finca El Porvenir en las condiciones de la premontaña del municipio Cumanayagua.* (Tesis de Grado). Universidad de Cienfuegos.
- Capanema, E. A.; Balakshin, M. Y. & Dadla, J. F. (2019). A comprehensive approach for quantitative lignin characterization by NMR spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.* 52, 1850-1860.
- Cárdenas L, Ruiz R, Medina F, Guevara F, Gómez, H, Hernández A, C. J. (2022). Producción y calidad del pasto CT-169 durante la época seca. Universidad Autónoma de Chiapas. *Ciencias Agronómicas*, 1(13), 38– 46.
- Carreño, L. & Voglizzo, E. (2020). El cultivo de la alfalfa en la Argentina. INTA, Buenos Aires, Argentina [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- Catalán, M. (2017). Reporte de análisis de suelo de la Finca Experimentación de Santa Cruz Guanacaste. <https://www.scielo.sa.cr>
- Cedeño, L. (2017). Comportamiento agronómico y valor nutricional de cinco pastos de corte en la hacienda Rancho Brahman cantón Santo Domingo. <https://agronomia.com>
- Cerdas R. & Vallejos E. (2020). Productividad del pasto Camerún (*Pennisetum purpureum*) con varias dosis de nitrógeno y frecuencias de corte en la zona seca de Costa Rica. *InterSedes*. 11 (22):180-195.
- Chacón, P. A. & Vargas, C. F. (2019). Digestibilidad y calidad del *Pennisetum purpureum* cv. King Gras a tres edades de rebrote. *Agronomía mesoamericana*. 20 (2), 399-408.

- Cherlyнка, V. (2022). Manejo integral de pastos y forrajes. <https://eos.com/es/blog-author/vasylinka/cherlinka/>
- Clavero, T.; Ferrer, O. & Pérez, J. (2019). Contenido mineral del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott.) bajo diferentes condiciones de defoliación. *Revista LUZ*. 11, 355-364.
- Clavijo, O. (2018). Manual de forraje *Pennisetum sp.* Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*). La Plata (Huila): SENA Regional Huila: Surcolombiana.
- Compagnoni, L. (2019). Cría Moderna de Lombrices: El Abono más económico, rentable y eficaz. Barcelona, España: De Vecchi S.A.
- Condori, S. C., Huanca, P. R., Guanto, O. T., & Mendoza, G. J. C. (2021). Efficiency of water use and bromatological characteristics of CT-169 under the application of bovine biol in the choquenaira experimental station. [https://www.engormix.com/efficiency\\_of\\_water\\_use\\_and\\_bromatological\\_characteristics\\_of\\_CT\\_169\\_under\\_the\\_application\\_of\\_bovine\\_biol\\_in\\_the\\_choquenaira\\_experimental\\_station/articulos/pasto-ct169-t26119.htm](https://www.engormix.com/efficiency_of_water_use_and_bromatological_characteristics_of_CT_169_under_the_application_of_bovine_biol_in_the_choquenaira_experimental_station/articulos/pasto-ct169-t26119.htm)
- Corbea y Martínez (2019). Biomasa y bromatología del pasto estrella africana (*cynodon nlemfuensis*). <https://www.redalyc.org>
- Correa, H.J., Pabón, M.L., Sánchez, M.Y., Carulla, J.E. (2020). Efecto del nivel de suplementación sobre el uso de nitrógeno, el volumen y la calidad de la leche en vacas Holstein de primer y segundo tercio de lactancia en el trópico alto de Antioquia. *Livestock Research and Rural Development* 12 (2), 23, 77.
- Corredera, M., Cárdenas, R., Montejo, L. (2022). Manejo de pastos: Planificación e Implementación. <https://eos.com/es/>
- Crespo & Guzmán (2019). Funciones del organismo del suelo en el ecosistema de pastizal. *Rev Cubana de Ciencia Agrícola*, 47(4),329-334.
- Crespo, G. (2019). Producción de biomasa de pastos tropicales. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencias Animal.
- Crespos Heredia, R. R. , Romero Fernández, O. L. & González Menas, M E. (2019). Producción de humus de lombriz en Cuba. Aplicaciones y resultados. *Rev Académica de Economía Latinoamericana*, 16 (9), 39-60.
- Cruz, D. (2019). *Evaluación del potencial forrajero del pasto CT-169 con diferentes niveles de fertilización de nitrógeno y fósforo con a base estándar de potasio*. (Tesis de Grado). Universidad de Ecuador.
- Cuba. (2021). Información estadística. Cienfuegos. Dirección Provincial de la ANAP.

- Cuba. INSMET (2023). Datos agrometeorológicos. La Habana: INSMET.
- [www.insmet.cu](http://www.insmet.cu) Da Cunha, W. (2020). Pasto CT-169. Establecimiento, manejo y aprovechamiento en ganado caprino.
- <http://icamex.edomex.gob.mx/sites/icamex.edomex.gob.mx/files/files/publicaciones/2014/pasto%20CT-169.pdf>
- De la Cruz Chi, E.N. (2022). *Calidad nutritiva de Pennisetum sp. verde y ensilado con fertilización orgánica para rumiantes de la península de Yucatán.* (Tesis de Maestría). Universidad de México.
- Dean, D. & Clavero, T. (2019). Características de crecimiento del pasto elefante. *Revista LUZ.* 9,25-34.
- Dominguez, J., Lazcano, C., Gómez, Brandón, M. (2019). *Acta Zoológica Mexicana.* México: UNAM.
- Donaghy, Ch. & Fulkerson. Jh. (2019). Características de los pastos tipo *Pennisetum purpureum.* Caso cv CT-169.
- <http://www.agro.org/morfologia/2154892301/pdf>
- Duncan, D.B. (1985). Multiple Range and multiple F test. *Biometrics* 11 (1), 1-42.
- Duval, M. E.; Galantini, J. A.; Iglesias, J. O.; Canelo, Silvia; Martínez, J. M.; Walle, L. et al. (2019). Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems. *Soil Till. Res.* 131:11-19.
- Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPF). (2018). El *Pennisetum purpureum*, Taiwán morado. *Cultivos tropicales.* 5(2)18, 34-36.
- Estévez, A. & Álvarez, M. (2018). Uso de la interacción genotipo ambiente y Cluster análisis para la clasificación de ambientes en papa (*Solanum tuberosum* Lin). *Cultivos tropicales.* 8(2), 23, 45-56.
- Fajemilehin, O. K.; Babayemi, O. J. & Fagbuaro, S. S. (2019). Effect of anhydrous magnesium sulphate fertilizer and cutting frequency on yield and chemical composition of *Panicum maximum.* *African Journal of Biotechnology.* 7, 907-911.

- Febles, G. J. & Herrera, R. S. (2019). Introducción y características botánicas de *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. Instituto de Ciencia Animal. pp. 1-14.
- Fernández, E. (2020), Dinámica de crecimiento y senescencia del pasto pángala. <https://www.scielo.org.mx>
- Fertiza (2020). Información Técnica de los Fertilizantes. Agroquímicos Fertiza. [https://www.fertisa.com/pdf/productos/producto\\_11.pdf](https://www.fertisa.com/pdf/productos/producto_11.pdf)
- Fortes, F. (2020). Evolución del forraje en *Pennisetum purpureum* cv CT-169. <http://www.agro.org/morfologia/2154892301/pdf>
- Franco, R. (2018). Alimento ensilado cubano, respuesta en vacas lecheras. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 55(3), 285-290
- Friedrich, T. (2019). Producción de alimentos de origen animal. Actualidad y perspectivas. *Rev Cubana de Ciencias Agrícolas*.
- Funes, Pérez & Ronda (2019). Evaluación inicial de sistemas integrados para la producción de alimentos y energía cubana. *Pastos y Forrajes* ,34(4), 445-465.
- Gamarra, G. (2019). Pastos de corte para el trópico. Artículo técnico-ganadería de carne. Cultura empresarial ganadera, Colombia [https://www.engormix.com/ganaderia/pasturas-tropicales/pastos-cortetropico\\_a27580/](https://www.engormix.com/ganaderia/pasturas-tropicales/pastos-cortetropico_a27580/)
- García, E. (2021). Modificaciones el sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuarta edición. ISBN: 970-32-1010-4.
- García, L.M.; Mesa, A.R.; Hernández, M. (2022). Potencial forrajero de cuatro cultivares de *Pennisetum purpureum* en un suelo Pardo de Las Tunas. Estación Experimental de Pastos y Forrajes de Las Tunas. [marta@ihatuey.cu](mailto:marta@ihatuey.cu)
- Gómez Alvarez, R. & León Najera, R.A. (2018). Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y rábano (*Rhabanussativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de Tabasco. *Universidad y ciencia*, 24(1), 11-20. <https://www.redalyc.org>
- Gómez, H, Hernández A, C. J. (2022). Producción y calidad del pasto CT-169 durante la época seca. <http://www.veterinaria.org>
- González, I.; Betancourt, M.; Fuenmayor, A. & Lugo, M. (2019). Producción y composición química de forrajes de dos especies de pasto elefante (*Pennisetum* sp.) en el Noroccidente de Venezuela. *Zootecnia Trop*. 29: 103-112.

- Grageda-Cabrera, O. A., Mora, M., Castellanos, R. J. Z., Follet, R. F., and Peña-Cabriales, J. J. (2019). Fertilizer nitrogen recovery under different tillage treatments and cropping sequences in a vertisol in central México. *IAEA-TECDOC*. 135, 39-55.
- Grajelas Zepeda, R., Alonso Lozada, Sánchez, E.M.O., & García B H. (2018). Evaluación de cultivares de *Cenchrus purpureus* para la producción de forraje. *Livestock Research for Rural development*, 30(2). <https://www.researchdate.net>
- Guerra, M. (2018). Productividad de biomasa y calidad nutricional del estrato graminoide en un sistema sivopastoril dominado por samán (*Samanea samán (Jacq) Merr.*). *Zootecnia Trop.* 26, 439-453
- Harrison, W. (2019). Factors affecting the nutritive value of kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). *Tropical Grasslands*. 35, 65–84.
- Hernández, A.; Pérez, J. M.; Bosh, D. & Rivero, L. (2015). Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana: *AGRINFOR*.
- Hernández, C. E.; Bernal Carrazana, Y.; Ojeda Quintana, L. J., y Vega, M. (2018). Prácticas de conservación de suelos en la Finca Eliecer del municipio Cumanayagua, Cuba. *Agroecosistemas*, 6(2), 112-120.
- Hernández, M , & Guenni O. (2019). Productividad y calidad nutricional del estrato graminoide en un sistema sivopastoril dominado por (*Samanea samán (Jacq) Merr.*). *Zootecnia Trop.* 26, 439-453
- Herrera, R. (2019). Modelos de acumulación de biomasa y calidad en las variedades de hierba elefante, Cuba CT-169, OM – 22 y King Gras. Edad óptima de corte en Pasto Cuba OM - 22 (*Pennisetum sp*) en la producción de biomasa en el trópico húmedo durante la estación lluviosa en el occidente de Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 44(189), 34-43.
- Herrera, R. S. & Martínez, R. O. (2006). Mejoramiento genético por vías no clásicas. *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. San José, Mayabeque: Instituto de Ciencia Animal.
- Herrera, R. S. & Martínez, R. O. (2019). Mejoramiento genético por vías no clásicas. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal.
- Herrera, R. S. & Ramos, N. (2019). Factores que influyen en la producción de biomasa y la calidad. *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. San José, Mayabeque: Instituto de Ciencia Animal.

- Hertentains, L. A.; Troetsch, S. O. y Santamaría, E. (2019). Manejo y utilización de cultivares *Pennisetum purpureum* en fincas lecheras de las tierras altas de Chiriquí. Panamá: Centro de Investigación Agropecuaria.
- Hijano, E.H., Navarro, A. (2021). La Alfalfa en la Argentina. INTA. Instituto de Botánica. <http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/BuscarEspecies.asp>
- Izquierdo y Puente (2019). Comportamiento nutricional de la producción lechero en pastos cultivado (*Panicum maximum Jacq*) *Revista de Investigaciones Veterinarias de Perú*, 30(1), 178-192.
- Jauhar, R.P. & Hanna, W.W. (2018). Cytogenetics and genetics of peral Mollet. En: *Advances Agronomy*. New York, v. 64. P-26.
- Kuglicov, B. (2019). Influencia en las variables meteorológicas en el crecimiento y desarrollo del cultivo del tabaco. <http://inm.org.ru>
- Lamela, L., E. Castillo, J. Iglesias, y A. Pérez. (2017). Principales avances de la introducción de los sistemas silvopastoriles en las condiciones de producción en Cuba. *Pastos y Forrajes* 28, 47-58.
- León Valdivies, Y. J., Ojeda Quintana, L. J., Aquila Martínez, A., Bernal Carrazana, Y. (2023). Propiedades físicas y componentes de la fertilidad del suelo en la Finca Maripa, Cumanayagua, Cienfuegos. *Agroecosistemas*, 11(2), 141-149.
- León, G. & Ravelo, R. (2019). Valoración agro nutricional del pasto del *pennisetum sp.*) a dos tipos de fertilizantes en cuatro épocas de corte. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria* . 9 (5) 1695-7504.
- León, G. (2020). *Influencia de la densidad de lombrices en la producción de humus y reproducción*. (Tesis de Grado). Universidad de Perú.
- Lok, S. (2019). *Determinación y selección de indicadores del sistema suelo-pasto en pastizales dedicados a la producción de ganado vacuno*. (Tesis de Doctorado). Universidad de La Habana.
- Ludeña, M. (2019). Agronomic evaluation and chemical composition of African star grass (*Cynodon plectostachyus*) in the southern Region of the State of Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 12, 1-9.
- Luginbuhl, W. y Poore H. (2018). Phenotypic and genotypic variations within populations of Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) in Australia. *Tropical Grasslands*, 44 (2), 84-94.

- Machado, A. (2019). *Producción y calidad forrajera de pasto saboya (Panicum máximum Jacq) a diferentes edades y alturas de corte*. (Tesis de Grado). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10228>
- Machado, R., Cáceres, O. & Miret, R. (2020). Pennisetum purpureum cvs. Taiwán-144, A-14-6, A-148 y 801-4. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey Perico, Matanzas, Cuba. *Pastos y Forrajes* 6 (2), 52-60.
- Madera, N. B.; Ortiz, B.; Bacab, H. M. & Magaña, H. (2023). Influencia de la edad de corte del pasto morado (*Pennisetum purpureum*) en la producción y digestibilidad in vitro de la materia seca. Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán; México. *Avances en Investigación Agropecuaria 51. Revista de investigación y difusión científica agropecuaria*. 17(2), 41-52.
- Mao, Y., S. Sang, S. Liu, & J. Jia. (2014). Spatial distribution of pH and organic matter in urban soils and its implications on sitespecific land uses in Xuzhou, China. *CR Biol.* 337, 332-337. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crv.2014.02.008>
- Márquez, F.; Sánchez, J.; Urbano, D. & Dávila, C. (2017). Evaluación de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). Rendimiento y contenido de proteína. *Zootecnia Trop.* 25, 253-259.
- Martin Pérez, Y. (2017). Preparación de sustrato con una Poacea (*pennisetum sp*) cv. Marafalfa y estiércol de bobino con cantidad uniforme de lombrices y su efecto en la calidad química del vermicompost en zungarococha. Distrito de San Juan Bautista, Perú.
- Martín, N. (2011) Tablas de interpretación de suelos. Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba.
- Martínez, O. (2020). Manual de producción de biomasa. Yerba elefante CT-115. Ciudad de La Habana: Consejo de Iglesias de Cuba. Departamento de Coordinación de Asesoría de Proyectos.
- Martínez, R. O., Herrera, R.S., Cruz, R. & Torres, V. (2019). Cultivo de tejidos y Fitotecnia de las mutaciones. *Pennisetum purpureum*: otro ejemplo para la obtención de nuevos clones *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 30, 11.
- Martínez, R. O.; Herrera, R. S.; Tuero, R. & Padilla, C. (2019). Hierba elefante, variedades Cuba CT-115, Cuba CT-169 y Cuba OM-22 (*Pennisetum sp.*). *ACPA.* 2 (44), 28-34.
- Martínez, R. O.; Herrera, R. S.; Tuero, R. & Padilla, C. R. (2019). Hierba elefante, variedades Cuba CT-115, Cuba CT-169 y Cuba OM-22 (*Pennisetum sp.*). *ACPA.* 2 (44), 10-27.

- Martínez, R.O.; Tuero, R.; Torres, Verena & Herrera, R. S. (2019). Modelos de acumulación de biomasa y calidad en las variedades de hierba elefante, Cuba CT-169, OM-22 y King Gras durante la estación lluviosa en el occidente de Cuba. *Rev. cub. Cienc. agríc.* 44 (2),189-193.
- Mauricio Robles, K.A. (2022). *Comparación productiva y nutricional de napier morado (pennisetum purpureum cv. Morado) y maralfalfa (pennisetum purpureum cv. Maralfalfa) bajo riego, durante la época seca en la región de Chiquimulilla.* (Tesis de grado). Universidad de Guatemala.
- Mendoza Vélez, C.F. Ronquillo Narvaez, E.X., Jumbo Romero, P.A. (2023). Edad óptima de corte en Pasto Cuba OM - 22 (Pennisetum sp) en la producción de biomasa en el trópico húmedo. Instituto Superior Tecnológico Tsachila. Ecuador, Santo Domingo. DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/egaea.cl.44>
- Miranda, M. y Ayala, J. R. (2019). Evaluación agro productividad del Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum x pennisetum glaucum*), en suelo pardo en el período lluvioso y poco lluvioso. <https://www.engormix.com>
- Miranda, S. (2020). Estudios de crecimiento del pasto CT-169 en condiciones del trópico. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2393/1/17T0894.pdf>
- Molina, S. (2019). Evaluación agronómica y bromatológica del pasto Marafalda cultivado en el Valle del Sinú. [www.agro.unalmed.edu.co](http://www.agro.unalmed.edu.co)
- Moreira, F. B.; Prado, I. N.; Cecato, U.; Wada, F. & Mizubuti, I. (2019). Forage evaluation, chemical composition, and in vitro digestibility of continuously grazed star grass. *Anim. Feed Sci. Technol.* 113, 239-249.
- Morocho, G.; Toalombo, P.; Guevara, H & Jiménez, S. (2023). Evaluación del potencial forrajero y composición nutricional del pasto híbrido Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum Schumacher x Pennisetum glaucum L.*) a tres edades de corte. *Archivo Zootenia.* 72 (278), 128-142.
- Nicosia, S., Falco, L. B., Castro, R., Sandler, R.V. & Coviella, C. E. (2020) Estructura de la comunidad de la mesofauna edáfica en dos suelos con distinta intensidad de uso. *Cienc. Suelo* 38 (1), 72-80.
- Noda, Y. (2019). *Influencia de la frecuencia y la altura de corte en la producción y composición bromatológica de Morus alba (Linn.).* (Tesis de Maestría). Universidad de Matanzas.
- Núñez, M. y Robaina, J.L. (2000). Manejo de pastos tropicales. II seminario internacional de agresología. Quito: AgroSeminario.

- Obando Enrique, B. G., Hernández Oviedo, F., Portillo López, P. A. , & Castro Rincón E. (2023). Productividad y calidad del forraje de *Cenchrus cladendestinus* en dos sistemas pastoriles. *Pastos y Forrajes*, 46. <https://www.scielo.sld.cu>
- Ojeda Quintana, L. O.; Arteaga Rodríguez, O.; Escobar Escobar, L-A. & López Milián A. (2020). Efecto de la inoculación con Hongos Micorrízicos Arbusculares y humus de lombriz en el establecimiento de *Chenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone cv. Cuba CT-115. *IDESA CHILE* 38(2), 5-11.
- Ojeda Quintana, L.O.; Rodríguez González, Y.; Frómeta Milanes, C. & Portero, J.J. (2018). Efecto de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares y humus de lombriz en el establecimiento de un banco forrajero de *pennisetium purpureum* cc. Taiwán morado. *Agroecosistemas* 6 (2), 84-91.
- Olarte, I., Martínez, R., Motta, P., Herrera, W., Medina, E. & Toledo, V. (2022). Efecto de la producción forrajera de pasturas nativas e introducidas sobre la producción de leche en la Amazonia Colombiana. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC. Universidad de la Amazonia*. 14 (1), <https://doi.org/10.47847/fagropec.v14n1a1>
- Olivera, Y. (2019). *Evaluación y selección inicial de accesiones de Brachiaria spp. para suelos ácidos*. (Tesis de Maestría). Universidad de Matanzas.
- Olivero, M. & López, R. (2019). Efecto de la producción forrajera de pasturas nativas e introducidas sobre la producción de leche en la Amazonia Colombiana. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias -FAGROPEC. Universidad de la Amazonia*. 14 (1), <https://doi.org/10.47847/fagropec.v14n1a1>
- Omaliko, N. (2020). Edad óptima de corte en Pasto Cuba OM - 22 (*Pennisetum* sp) en la producción de biomasa en el trópico húmedo. DOI/URL: <https://doi.org/10.55813/egaea.cl.44>
- Oropesa, S.; Pentón, P., Gertrudis, M. & Martín, L. (2019). Fertilización, rendimiento y composición química del *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 en los Llanos Occidentales de Venezuela. <http://avpa.vc/doc pdf s/libroson line/Manual de ganadería/sección 3/articulo 6.pdf>
- Ortiz, R. B.; Sosa, R. E. & Zavaleta, C. (2019). Manual del pasto morado. Follero Técnico No. 1. Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, A. C. Instituto Tecnológico de Conkal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Chetumal, Quintana, Roo. México. 12 pp.

- Palma y Raudez, (2018). caracterización de dos cultivares de Cuba (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*). <http://innovacionagricola.com/artículo/2018/329402.pdf>
- Parets, J. J. y González, A. (2020). Ecosistemas y regionalización de pastos en Cuba. La Habana: Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes.
- Parets, J.J. (2019). Producción bovina en Cuba. *ACPA*. 12(1):13
- Pastrana Sandoval, C.R., Alonso Rivas, L. (2019). *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.* (Tesis de grado). Universidad Nicaragua.
- Patiño, A. A. (2018). Caracterización de producción de forrajes tropicales para alimentación de conejos. Universidad de Quindío, Facultad de Ciencias Agroindustriales, Tecnología Agropecuaria. QuimbayaQuindío. p .26.
- Pereira, A.V. & Lédo, F. J. (2018). Melhoramento genético de *Pennisetum purpureum*. En Melhoramiento de Forrageiras Tropicais. Eds. R.M. Simeao, C. Borges, L. Jank. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS. p.89.
- Pereira, A.V., De Paula, R., Paixao, L., De Paula, V., Silva, R., Bertola, R. & De Paula, C.E. (2020). Ariacao da qualidade de folhas em cultivares de capimelefante (*Pennisetum purpureum*) e híbridos de capim-elefante x milho (*P.purpureum* x *P. glaucum*), em função da idade da planta. *Ciencia y Agrotecnología*. 24 (02), 28-44.
- Pezo Quevedo, D. A. (2018). Uso eficiente de fertilizantes en pasturas. <https://www.repositorio.catie.ac.cr>
- Pirela, M. F. (2020). Valor nutritivo de los pastos tropicales. *Manual de ganadería doble propósito*. 6, 176-182.
- Puerto, J. (2020). Manual elaboración de abonos orgánicos. <https://www.acicafoc.org>
- Ramírez, R. O.; Hernández, G. A.; Carneiro da Silva, S.; Pérez, P. J.; Jacaúna de Souza, J. S.; Castro, R. R. & Enríquez, J. F. (2019). Características morfogénicas y su influencia en el rendimiento del pasto mombaza, cosechado a diferentes intervalos de corte. *Trop. Subtrop. Agroecosyst*. 12, 303-311.
- Rivera Zamora, C.M. (2020). *Comportamiento agronómico y valor nutricional de la asociación del pasto King Gras morado (pennisetum purpureum) con dos leguminosas en tres tiempos de corte.* (Tesis de Grado). Universidad de Ecuador.

- Rodríguez Carrasquel, I.; Bodisco, V.; Capó, H. & Nova, E. (2019). Comparación de los cvs. Taiwán A-148, Taiwán A.-144 y Taiwán A-146. <https://www.repositorio.catie.ac.cr>
- Rojas, W. (2019). Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. *REDVET Rev. Electrón. vet.* 6 (6).  
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060615.html>
- Roma. FAO (2018). Producción Agrícola Sostenible: Consecuencias para la investigación agraria internacional. *Estudios FAO*, 4, 131.
- Rosthoj, S. y Branda, L. (2021). Determinación de los nutrientes digestibles totales en ovinos a partir del *Pennisetum purpureum* y variedades. *Ciencia y Tecnología*. 1, 83-90.
- Ruminants Blog .(2022). El forraje para ganado bovino, un alimento básico.  
<https://ruminants.ceva.pro>
- Ruttan, M. y Ceña, J. (2017). Articulación territorial y degradación ambiental de los espacios rurales. <http://www.biblioteca.palmira.unal.edu.co>
- Sagarpa, Ch. (2018). Informe de evaluación estatal fomento agrícola.  
<https://www.agricultura.gob.mx>
- Sánchez, T., E. R. Ørskov, L. Lamela, R. Pedraza, & O. López. (2019). Valor nutritivo de los componentes forrajeros de una asociación de gramíneas mejoradas y *Leucaena leucocephala*. *Pastos y Forrajes* 31, 271-281.
- Schindelbeck, R. R., H. M. Van Es, G. S. Abawi, D. Wasmannia Auropunctata Wolfe, T. L. Whitlow, B. K. Gugino, O. J. Idowu, & B. N. Moebius Clune. (2018). Comprehensive assessment of soil quality for landscape and urban management. *Lands. Urban Plan.* 88, 73-80. <http://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.08.006>
- Soto, F., Tejada, T., Hernández, A. & Florido, R. (2019). Metodología para la zonificación agroecológica del *Coffea arabica* L. en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 22(4), 51-53.
- Sotomayor, L. (2017). Crecimiento de pasto Guinea (*Magathyrus maximus* (Jacq) B.K. Simón & S. W. L. Jacobs) en respuesta a fertilización química en clima cálido húmedo. *Agro Productividad*, 12(8). <https://www.revista.agroproductividad.org>
- Suárez, R. (2019). Aplicación del humus de lombriz en el CT-169 en parcelas forrajeras. <http://www2.darwin.edu.ar/aplicación-de-humus-en-el-CT-169/pdf>
- Valenciaga, D.; Chongo, B.; Herrera, R. S.; Torres, V.; Oramas, A. y Herrera, M. (2019). Efecto de la edad de rebrote en la digestibilidad in vitro de la materia seca de *Pennisetum purpureum* vc. CUBA-CT 115. *Rev. Cuba. Cienc. Agric.* 43, 81-84.

- Van Holder y Cardinali (2022). Variables meteorológicas y eventos agronómicos.  
<https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/>
- Vargas, F. Cerón, W. (2019). Valoración agro nutricional del pasto CT-169 a dos tipos de fertilizantes en cuatro épocas de corte.  
<http://icamex.edomex.gob.mx/sites/icamex.edomex.gob.mx/files/files/publicaciones/2018/pasto%20.pdf>
- Verdecia, D. M.; Ramírez, J. L.; Leonard, I. & García, F. (2019). Potencialidades agroproductivas de dos cultivares de *Panicum maximum* (c.v. Mombaza y Uganda) en la provincia Granma. *Rev. Electrón. Vet.* 10,1.
- Vessey, J. K. (2018). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil.* 255:571-586.
- Viglizzo, E. Pordomingo, M., Castro, L., Lertora, R. (2020). Provisión de servicios ecológicos y gestión de los ambientes rurales en Argentina. INTA, Buenos Aires, Argentina.  
[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- Villalobos, M. & Sánchez, M. (2020). Estudios experimentales con el pasto CT-169.  
<http://icamex.edomex.gob.mx/estudios-experimentales-pasto-CT-169.pdf>
- Zapata, R., Osorio, N., Berrio, C. & Sotelo, M. (2020). Evaluación de los riesgos agronómico, ambiental y sanitario derivados de la aplicación directa de los biosólidos para el cultivo de pastos en un agroecosistema de vocación lechera del Norte de Antioquia. *Revista EPM.* 2011; 4, 8-38.
- Zulio, M. & Adam, G. (2004). Brassinosteroid phytohormones-structure, bioactivity and applications. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 14, 143-181.

ANEXOS



