



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia

**Relación entre las características de crecimiento y la composición
bromatológica de los pastos Maralfalfa (*Pennisetum spp*) y Cuba OM-22
(*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) en la estación experimental
El Padmi de la Universidad Nacional de Loja.**

**Trabajo de Titulación, previo a la
obtención del título de Médico
Veterinario Zootecnista.**

AUTOR:

Celso David Cabrera Salinas

DIRECTOR:

Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza, PhD.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 12 de septiembre de 2023

Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza, PhD.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Relación entre las características de crecimiento y la composición bromatológica de los pastos Maralfalfa (*Pennisetum spp*) y Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) en la estación experimental El Padmi de la Universidad Nacional de Loja**, previo a la obtención del título de **Médico Veterinario Zootecnista**, de la autoría del Sr. **Celso David Cabrera Salinas**, con **cédula de identidad Nro. 1105889594**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza, PhD.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Celso David Cabrera Salinas**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1105889594

Fecha: 13 de noviembre de 2023

Correo electrónico: celso.cabrera@unl.edu.ec

Teléfono: 0939013183

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Celso David Cabrera Salinas**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Relación entre las características de crecimiento y la composición bromatológica de los pastos Maralfalfa (*Pennisetum spp*) y Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) en la estación experimental El Padmi de la Universidad Nacional de Loja**, como requisito para optar por el título de **Médico Veterinario Zootecnista**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los trece días del mes de noviembre de dos mil veintitrés.

Firma:



Autor: Celso David Cabrera Salinas

Cédula: 1105889594

Dirección: Loja, Av. Isidro Ayora y La Habana

Correo electrónico: celso.cabrera@unl.edu.ec

Teléfono: 0939013183

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza, PhD.

Dedicatoria

Quiero dedicar la culminación del presente Trabajo de Titulación y toda mi carrera universitaria en primer lugar a mi Dios y a la Virgen de El Cisne, porque me ha regalado la vida, porque estuvo presente en todo momento y me ayudó a levantarme en momentos de tropiezos y así lograr este objetivo tan anhelado de mi formación profesional.

A mis queridos padres; Sr. Celso Cabrera y Sra. Blanca Salinas a quienes a la vez admiro y respeto por ser excelentes personas y padres, por darme su amor y apoyarme en esta travesía, por depositar en mí su confianza, por sus consejos y porque todo lo que soy ha sido gracias a ellos.

A mis hermanos Holger, Paola y Jhuliana quienes me han apoyado y motivado en todo momento. A todos mis sobrinos por siempre apoyarme moralmente para continuar con mis estudios y a más familiares que de una u otra manera me apoyaron para superarme personalmente y culminar con mi carrera profesional.

Este triunfo es posible gracias a ustedes...

Celso David Cabrera Salinas

Agradecimiento

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos:

Primeramente, a Dios y a la Virgen de El Cisne, por haberme acompañado y ayudado durante cada etapa de mi vida, sobre todo darme la salud y poder cumplir esta meta. A mis padres y a toda mi familia por haberme apoyado durante mi formación académica y por estar siempre conmigo ofreciéndome lo mejor.

A la Universidad Nacional de Loja por abirme sus puertas, a la facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables y a la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia por propiciar mi formación profesional. Un profundo agradecimiento a la Estación Experimental “El Padmi”, por abirme sus puertas y haberme dado la oportunidad de realizar esta investigación.

De manera especial quiero expresar mis agradecimientos a mi director de Trabajo de Titulación Dr. Luis Antonio Aguirre Mendoza, PhD., quien me ha brindado todo su apoyo desde el inicio hasta la culminación de este trabajo. Así también, le agradezco su amistad que es lo más preciado que me llevo.

A mis compañeros estudiantes, amigos, autoridades y docentes de esta prestigiosa carrera, por ser una parte importante de mi vida como fue mi formación universitaria.

A todos ellos, mil gracias...

Celso David Cabrera Salinas

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de tablas.....	ix
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	xi
1. Título.....	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico.....	6
4.1. Características Fisiológicas de las Gramíneas	6
4.2. Factores que Afectan la Composición Química	7
4.2.1. Componentes de la Planta	7
4.2.2. Luz, Temperatura y Humedad.....	8
4.2.3. Producción de Biomasa Forrajera	8
4.2.4. Calidad Nutritiva	9
4.3. Pasto Maralfalfa (Pennisetum spp).....	9
4.3.1. Manejo del Cultivo.....	11
4.3.2. Valor Nutritivo	13
4.4. Pasto Cuba OM-22 (Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum)	13
4.4.1. Manejo del Cultivo.....	14

4.4.2. Valor Nutritivo	15
4.5. Relación entre las Características de Crecimiento y el Valor Nutritivo	17
4.5.1. Análisis de Correlación	17
4.5.2. Análisis de Regresión	19
5. Metodología	24
5.1. Área de estudio	24
5.2. Procedimiento	24
5.2.1. Recopilación de Datos	24
5.2.2. Procesamiento de Datos	25
5.2.3. Análisis Estadístico.....	26
6. Resultados.....	27
6.1. Relación entre Características de Crecimiento y Valor Nutritivo del Pasto Maralfalfa	27
6.2. Modelos de Predicción para Características de Crecimiento y Valor Nutritivo del Pasto Maralfalfa	28
6.3. Relación entre Características de Crecimiento y Valor Nutritivo del Pasto Cuba OM 22	34
6.4. Modelos de Predicción para Características de Crecimiento y Valor Nutritivo del Pasto Cuba OM 22	35
7. Discusión.....	38
8. Conclusiones.....	41
9. Recomendaciones	42
10. Bibliografía.....	43
11. Anexos.....	49

Índice de tablas:

Tabla 1. Contenido nutricional del pasto Maralfalfa (<i>Pennisetum</i> spp).....	13
Tabla 2. Valor nutritivo y producción de biomasa del pasto Cuba OM 22 a diferentes edades de corte (%).....	15
Tabla 3. Comparación del valor nutritivo de los pastos Maralfalfa y Cuba OM-22	15
Tabla 4. Variables de crecimiento	25
Tabla 5. Variables bromatológicas.....	25
Tabla 6. Clasificación de las variables en estudio	26
Tabla 7. Indicadores de crecimiento y composición química del pasto Maralfalfa.....	27
Tabla 8. Coeficientes de correlación entre variables de crecimiento y la composición bromatológica del pasto Cuba OM 22	34

Índice de figuras:

Figura 1. Cultivo del Pasto Maralfalfa	10
Figura 2. Pasto Cuba OM-22 para alimentación ganadera	13
Figura 3. Rendimiento por hectárea según la cantidad de abono aplicado	22
Figura 4. Mapa de ubicación de la estación experimental El Padmi de la UNL	24
Figura 5. Relación entre días de corte y materia seca del pasto Maralfalfa.....	28
Figura 6. Relación entre altura de planta y materia seca del pasto Maralfalfa	29
Figura 7. Relación entre días de corte y cenizas del pasto Maralfalfa.....	29
Figura 8. Relación entre altura de planta y ceniza del pasto Maralfalfa.....	30
Figura 9. Relación entre días de corte y proteína bruta del pasto Maralfalfa	30
Figura 10. Relación entre altura de planta y proteína bruta del pasto Maralfalfa.....	31
Figura 11. Relación entre días de corte y fibra detergente neutra del pasto Maralfalfa	31
Figura 12. Relación entre altura de planta y fibra detergente neutra del pasto Maralfalfa.....	32
Figura 13. Relación entre días de corte y fibra detergente ácida del pasto Maralfalfa.....	32
Figura 14. Relación entre altura de planta y fibra detergente ácida del pasto Maralfalfa	33
Figura 15. Relación entre días de corte y lignina del pasto Maralfalfa	33
Figura 16. Relación entre altura de planta y contenido de materia seca del pasto Cuba OM-22	35
Figura 17. Relación entre días de corte y cenizas del pasto Cuba OM 22.....	36
Figura 18. Relación entre altura de planta y cenizas del pasto Cuba OM-22.....	36
Figura 19. Relación entre días de corte y proteína bruta del pasto Cuba OM-22.....	37
Figura 20. Relación entre altura de planta y fibra detergente neutra del pasto Cuba OM-22.	37

Índice de anexos:

Anexo 1. Certificado de idioma inglés 49

1. Título

Relación entre las características de crecimiento y la composición bromatológica de los pastos Maralfalfa (*Pennisetum spp*) y Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) en la estación experimental El Padmi de la Universidad Nacional de Loja.

2. Resumen

El conocimiento de las características agronómicas y valor nutritivo de los pastos constituyen aspectos de gran importancia para el manejo adecuado de los pastizales. La presente investigación se orientó al estudio de las relaciones entre las características de crecimiento y la composición bromatológica de los pastos Maralfalfa (*Pennisetum spp*) y Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) en las condiciones edafoclimáticas de la Amazonía sur ecuatoriana. Para el efecto, se utilizaron datos generados en cultivos previamente establecidos en la estación experimental “El Padmi” de la Universidad Nacional de Loja; con la ayuda del programa estadístico INFOSTAT (Versión 2021), se generaron las correspondientes matrices de correlación y se elaboraron modelos de predicción para las variables en estudio. El análisis de correlación demostró que las características agronómicas y el valor nutritivo de los pastos Cuba OM-22 y Maralfalfa están fuertemente relacionadas; así, entre la edad de corte, altura planta, peso tallos, peso de hojas, peso planta, contenido materia seca, fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y Lignina se determinó una correlación directa o positiva de moderada a alta, con coeficientes superiores a 0,6; mientras que, con el contenido de cenizas y proteína bruta (PB) se observó una correlación negativa o inversa con valores superiores a -0,8. El análisis de regresión presentó una tendencia lineal altamente significativa, que permitió la elaboración de modelos de predicción de los indicadores de crecimiento y valor nutritivo de estas especies, en las condiciones edafoclimáticas de la Amazonía sur ecuatoriana. Se concluye que la edad de corte ejerce influencia directa en las características de crecimiento y valor nutritivo, constituyendo una herramienta importante para mejorar el manejo y aprovechamiento de los pastos y forrajes en esta región.

Palabras clave: correlación, regresión, características agronómicas, valor nutritivo, modelos de predicción.

Abstract

Knowledge of the agronomic characteristics and nutritional value of pastures constitutes aspects of great importance for the proper management of pastures. The present research is oriented to the study of the relationships between the growth characteristics and the bromatological composition of the Maralfalfa (*Pennisetum* spp) and Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) grasses in the edaphoclimatic conditions of the southern Ecuadorian Amazon. For this purpose, data generated in crops previously established at the “El Padmi” experimental station of the National University of Loja were used; With the help of the INFOSTAT statistical program (Version 2021), the corresponding correlation matrices were generated and prediction models were developed for the variables under study. The evaluation analysis demonstrated that the agronomic characteristics and nutritional value of Cuba OM-22 and Maralfalfa pastures are strongly related; Thus, between the cutting age, plant height, stem weight, leaf weight, plant weight, dry matter content, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and Lignin, a direct or positive evaluation of moderate to high is calculated, with coefficients greater than 0.6; Meanwhile, with the ash and crude protein (CP) content a negative or inverse compensation will be achieved with values greater than - 0.8. The regression analysis presented a highly significant linear trend, which allowed the development of prediction models of the growth indicators and nutritional value of these species, in the edaphoclimatic conditions of the southern Ecuadorian Amazon. It is concluded that cutting age has a direct influence on growth characteristics and nutritional value, constituting an important tool to improve the management and use of pastures and forages in this region.

Keywords: Acceleration, regression, agronomic characteristics, nutritional value, models prediction.

3. Introducción

En el Ecuador, la base de la alimentación bovina constituye los pastos y forrajes, que con un manejo adecuado pueden proporcionar los nutrientes necesarios para garantizar que los animales cumplan sus funciones de mantenimiento y producción. Sin embargo, en muchos de los casos debido a las malas condiciones de manejo, su producción y calidad disminuye considerablemente, lo que genera bajos niveles de producción y rentabilidad (Correa et al. 2004).

Uno de los factores que limita el desarrollo de la ganadería en la Amazonía sur ecuatoriana, es la disminución en la disponibilidad y calidad de los pastos; lo que obliga a los productores a ampliar las áreas de pastizales, estableciéndose un círculo vicioso de destrucción progresiva de los recursos naturales y la biodiversidad (Valarezo, 2013).

En la provincia de Zamora Chinchipe predomina el monocultivo de gramíneas introducidas, como: Merquerón azul (*Setaria sp*), Chilela (*Panicum*), Gramalote blanco (*Axonopus micay*), Gramalote morado (*Axonopus scoparius*), Pasto Dallis (*Brachiaria decumbens*), Alemán (*Echinochloa polystachya*), Caña forrajera (*Saccharum officinarum*), Pasto estrella (*Cynodon plectostachium*), Kingrass morado (*Pennisetum hybridum*), Elefante (*Pennisetum purpureum*), Marandú (*Brachiaria brizantha*), Pasto arrocillo (*Echinochloa colonum*), Humidícola (*Brachiaria humidicola*), Cariamanga (*Tripsacum laxum*), Mulato (*Brachiaria hibrida*) que se manejan con labores culturales mínimas, como limitado uso de fertilizantes, deficiente control de malezas, malas prácticas de pastoreo, excesiva carga animal; lo que genera el deterioro progresivo de los pastizales, con marcada disminución de su producción y calidad. Por lo tanto, es necesario buscar alternativas que permitan garantizar una producción permanente, sin afectar el medio ambiente; mediante el estudio de las características agronómicas y nutricionales de nuevas especies y variedades de forrajes de corte (Meléndez, 2000).

La mayoría de los productores de la región, manejan los pastos y forrajes sin mayores conocimientos de sus características agronómicas y valor nutritivo; generalmente se basan en la cantidad y no en la calidad del alimento. No se consideran factores claves que afectan la producción y calidad del pasto; como son: el estado vegetativo, la edad de corte, el periodo

de descanso, que influye de manera directa en el rendimiento y calidad. Períodos extensos entre cortes provocan disminución de nutrientes, especialmente proteína y energía, debido a que se produce mayor acumulación de fibra que afecta el consumo y digestibilidad (Costa et al., 2007).

En los últimos tiempos se han introducido en la zona nuevas especies de gramíneas forrajeras como el pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) y el pasto Maralfalfa (*Pennisetum* spp) de las cuales se tiene poca información sobre sus características de crecimiento, valor nutritivo y las relaciones entre estos indicadores. Por lo tanto, el presente estudio se orientó a establecer los niveles de relación entre estas variables, como una estrategia que permita realizar un mejor manejo y aprovechamiento de estas especies; de manera que puedan constituir alternativas para mejorar la alimentación del ganado bovino en la región. En este marco, la presente investigación abordó los siguientes objetivos:

- Determinar los coeficientes de correlación y regresión entre los indicadores de crecimiento y la composición bromatológica de los pastos Maralfalfa y Cuba OM-22 en las condiciones edafoclimáticas de la Amazonía Sur ecuatoriana,
- Establecer modelos de predicción de algunos indicadores bromatológicos de los pastos Maralfalfa y Cuba OM 22 en función de las características de crecimiento.

4. Marco Teórico

4.1. Características Fisiológicas de las Gramíneas

Son plantas herbáceas que incluyen alrededor de 700 géneros y 12 000 especies, ocupan el 20% de la superficie vegetal del mundo, a ellas pertenecen alrededor del 75% de los pastos cultivados (Giraldo-Cañas, 2013). Son ricas en energía, pero pobres en proteína, son consumidoras de nitrógeno por tal motivo se recomienda asociarlas con leguminosas (Delorenzo, 2014).

El crecimiento de las gramíneas implica la formación de hojas y tallos y la senescencia y descomposición de los mismos. La tasa de acumulación de materia seca durante el rebrote está determinada por factores ambientales y por el nivel de defoliación de las praderas. La capacidad para rebrotar después de una defoliación, depende de factores intrínsecos de la planta, entre ellos la tasa de amacollamiento, velocidad de activación de los meristemas, rapidez de la restitución del área foliar fotosintéticamente activa y cantidad de reservas de carbohidratos en la raíz (Hunt y Field, 1978).

En las gramíneas perennes, el crecimiento ocurre en los meristemas que están protegidos por hojas (Valentine y Matthew, 1999). Los meristemas son zonas de tejido embrionario, que, al recibir el estímulo fisiológico y ambiental, experimenta cambios debido a la diferenciación, la división y la expansión celular. En las plantas, de las gramíneas forrajeras, hay meristemas apicales y laterales sensibles a estímulos ambientales, que al ser activos inician el proceso de transformación para definir la morfología de las plantas. Del meristemo apical se origina la parte aérea de las plantas, tallos, hojas, inflorescencia y semillas. La activación de estas zonas meristemáticas, inicia la formación de nuevo tejido o individuo completo. En tanto que, la edad de los tallos y cantidad de tejido removido causa pérdidas en la biomasa, disminuye el área foliar y la cantidad de reserva de carbohidratos (Calzada, 2015).

Las plantas forrajeras al ser defoliadas experimentan una situación de estrés por la remoción del tejido fotosintético y se modifica el estado fisiológico, previo a la defoliación. Al ser removidas las hojas, de las plantas, se produce un desbalance entre los órganos fuente y órganos demanda. Defoliaciones poco frecuentes, dan oportunidad a las plantas forrajeras para reestablecer el equilibrio fuente demanda, al aumentar el suministro de carbohidratos

producidos por la fotosíntesis. Por el contrario, defoliaciones muy frecuentes o severas causan que las plantas tarden en restaurar dicha condición fisiológica (Calzada, 2015).

La cantidad de área foliar de las praderas después de una defoliación, a condición que las hojas remanentes sean fotosintéticamente activas, estimula el rebrote al producir foto asimilados. La tasa de fotosíntesis del área foliar residual será mayor cuando las hojas son jóvenes, y es modificada por el clima y suelo. La estructura de las plantas es resultado del nivel de desarrollo de los vástagos y distribución de los mismos en la corona de los pastos. Así que, la composición morfológica de las plantas variará de una planta a otra, particularmente en situaciones de defoliaciones severas (Calzada, 2015).

4.2. Factores que Afectan la Composición Química

La constitución genética determina la tasa de madurez, la cantidad de nutrientes que acumulan y el contenido de FDN y FDA. La materia seca de las gramíneas tiene mayor contenido de FDA que la materia seca de las leguminosas y por consecuencia menor concentración de células solubles de rápida fermentación; esto por la presencia de lignina que es el constituyente indigestible de la FDA (Moore, 2020).

Con la edad cambia el estado de desarrollo de las plantas de manera progresiva desde estado vegetativo hasta de senescencia, estos cambios están asociados al aumento gradual en el contenido de FDA con el envejecimiento de tejidos y desarrollo, y cambio de dominancia de hojas a dominancia de tallos. Las hojas son más digestibles por tener mayor proporción de paredes delgadas y células mesófitas altamente degradables en comparación con los tallos, que tienen mayor proporción de envoltorios vasculares recalcitrantes, incluyendo la xilema y otras células del esclerénquima, que lignificados son necesarios para proveer soporte a la planta (Calzada, 2015).

4.2.1. Componentes de la Planta

Las células de las plantas comprenden contenido citoplasmático y paredes celulares. El citoplasma contiene proteínas, aminoácidos, lípidos, pectinas, vitaminas hidrosolubles y minerales. Mientras que la pared celular está compuesta de fibrillas de celulosa envueltas en una matriz de hemicelulosa, materiales pecticos y lignina. También contiene agua, varios

solventes orgánicos y componentes fenólicos, que en combinación juegan un rol importante en el intercambio catiónico, balance de agua, protección contra estrés biótico y reconocimiento celular. La composición de la pared celular varía con la especie y madurez, así como órganos y tejidos dentro de la planta. La lámina media es la primera capa formada durante la división celular y compone a la pared exterior de la célula y después es compartida por las células adyacentes. La pared celular primaria formada al lado de la lámina media durante la elongación celular, se compone casi en su totalidad de polisacáridos, incluyendo celulosa, hemicelulosa, componentes pecticos y glicoproteínas. La deposición de la pared secundaria comienza cuando se ha completado la ampliación de la célula. (Fales, 2007).

4.2.2. Luz, Temperatura y Humedad

Temperaturas ambientales menores a la temperatura óptimo para el crecimiento, causan que se acumulen azúcares solubles en los tejidos vegetales, debido a que la tasa de madurez es lenta. Temperaturas ambientales mayores a la óptima para crecimiento originan disminución en la concentración de azúcares solubles. Esto debido a que las temperaturas menores y mayores disminuyen y aceleran la velocidad de las reacciones metabólicas, el transporte activo a través de las membranas, concentración de enzimas. También, las temperaturas mayores aceleran la síntesis de componentes estructurales de la pared celular (Fales, 2007).

La luz solar influye sobre el crecimiento de las plantas forrajeras por ser la fuente de radiación fotosintéticamente activa y la radiación que estimula la diferenciación y desarrollo de las zonas meristemáticas de las plantas forrajeras. Las diferencias entre estaciones del año, en la intensidad de la radiación fotosintéticamente activa y calidad de la radiación solar, son las responsables de las diferentes tasas de crecimiento y de maduración del tejido vegetal; y de la morfología de las plantas (Ballare et al., 1991).

Las temporadas de lluvia y sequía causan cambios en la distribución de la producción de materia seca. Situaciones de déficit hídrico estimulan el cierre de las estomas para reducir la tasa de transpiración, aceleran la senescencia de hojas y tallos, disminuyen la producción de tallos y causa la muerte de los tallos ya establecidos.

4.2.3. Producción de Biomasa Forrajera

Las gramíneas de clima tropical rinden más forraje que las provenientes de zonas templadas. Desde el punto de vista fisiológico, las gramíneas tropicales se conocen como plantas C4 por el tipo de proceso fotosintético que presentan, mientras que todas las leguminosas y las gramíneas de zona templada se conocen como plantas C3 (Humphreys, 1991). Las gramíneas C4 muestran ventajas importantes en producción de biomasa forrajera cuando se presentan condiciones de alta temperatura, buena disponibilidad y niveles adecuados de fertilidad en el suelo, no sólo porque son más eficientes fotosintéticamente, sino porque además no fotorespiran; mientras que las plantas C3 tienen una menor eficiencia fotosintética y además fotorespiran (Ehleringer y Cerling 2002).

4.2.4. Calidad Nutritiva

En términos generales se acepta que las gramíneas que crecen en las zonas altas son de mejor calidad que las tropicales; independientemente del tipo de especies forrajeras (gramíneas, leguminosas, otras), la calidad nutritiva tiende a declinar a medida que se incrementa el intervalo de pastoreo o corte; dicha declinación es más rápida en las gramíneas tropicales (C4) que en las de zonas templadas (C3), y que el proceso de maduración se acelera cuando la temperatura es más alta, o cuando se presentan problemas de disponibilidad de humedad en el suelo (Pezo, 2018). En general, las leguminosas tienden a presentar un mayor contenido de proteína cruda, de calcio, fósforo y varios elementos minerales que las gramíneas. Pero no siempre las leguminosas son más digestibles que las gramíneas, pese a presentar menores concentraciones de fracciones fibrosas, y es que varias de las leguminosas presentan metabolitos secundarios como los taninos, los cuales afectan la actividad de los microorganismos responsables de la degradación de la fibra en el rumen (Villarreal, 1994).

4.3. Pasto Maralfalfa (*Pennisetum spp*)

Es una planta perenne que puede alcanzar de 2 a 3 m de altura, las hojas llegan a medir entre 30 a 70 cm de largo, se adapta desde el nivel del mar hasta los 3000 m de altura (Rodríguez, 2014).



Figura 1. Cultivo del Pasto Maralfalfa

Las raíces son fibrosas y forman raíces adventicias que surgen de los nudos inferiores de las cañas. Estas cañas conforman el tallo superficial el cual está compuesto por entrenudos, delimitados entre sí. Los entrenudos en la base del tallo son muy cortos, mientras que los de la parte superior del tallo son más largos. Los tallos no poseen vellosidades. Las ramificaciones se producen a partir de los nudos y surgen siempre a partir de una yema situada entre la vaina y la caña (Correa et al., 2004).

La vaina de la hoja surge de un nudo de la caña cubriéndola de manera ceñida. Los bordes de la vaina están generalmente libres y se superponen. Es muy común encontrar bordes pilosos. La lígula, que corresponde al punto de encuentro de la vaina con el limbo, se presenta en corona de pelos. Mientras que la longitud y el ancho de las hojas pueden variar ampliamente dentro de una misma planta (Hafliger & Scholz 1980; Ruiz, 2016; Martínez et al., 2019).

En general, lo que se considera como la flor de las gramíneas no es más que una inflorescencia parcial llamada espiga. De acuerdo con la ramificación del eje principal y la formación o no de pedicelos en las espigas, se pueden distinguir diversos tipos de inflorescencias siendo las más generales la espiga, la panícula y el racimo. En el caso particular del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* spp), las inflorescencias se presentan en forma de panícula las cuales son muy características del género *Pennisetum* (Hafliger & Scholz 1980).

Las espiguillas en el pasto Maralfalfa (*Pennisetum* spp) es típica del género *Pennisetum*, presenta seis brácteas: dos glumas, dos lemas y dos paleas. Algunas claves para su clasificación a partir de las estructuras que se pudieran hallar, son las siguientes: las flores

bajas pueden ser estériles y vigorosas o sin estambres, las flores superiores pueden ser fértiles, con un tamaño entre la mitad o igual al de las flores inferiores; las primeras glumas pueden estar fusionadas con callos, sin rodear la base de la espiga y sin aristas; el lema de la parte superior es suave, sin arista, de color café a amarillo o púrpura, glabrosa, con márgenes redondeadas o planas, sin aristas; la palea de las flores superiores están presentes. Poseen tres estambres; y las anteras son oscuras o grises (Dawson y Hatch, 2002).

4.3.1. Manejo del Cultivo

Se desarrolla en alturas comprendidas desde el nivel del mar hasta los 3000 m. Se adapta a suelos con fertilidad media a alta, no obstante, su mejor desarrollo se obtiene en suelos con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje. Bajo estas características es posible obtener entre 280 y 440 t/ha, dependiendo del manejo del cultivo (Uvidia et al., 2015).

Siembra

Se siembra por semilla vegetativa, es decir trozos de caña o tallos con sus yemas maduras. Un trozo de tallo debe llevar al menos 3 yemas, de estas surgirán las nuevas plantas. Para sembrar una hectárea de Maralfalfa se necesitan en promedio 3000 kg de caña, la cual se le debe permitir llegar a una buena madurez de sus yemas, y así lograr un buen rebrote. (Rodríguez, 2014).

Una vez depositada la semilla, con un azadón se cubre la semilla con aproximadamente de 3 a 5 cm de suelo. Una vez que el pasto ha rebrotado se debe tener cuidado con las aves como gallinas, debido a que en esta etapa de desarrollo es muy apetecible para esta ave, pues pueden provocar que se pierda, lo que perjudicaría alcanzar los buenos rendimientos de forraje que se buscan (Calle, 2009).

Control de maleza

Cuando el cultivo emerge, se puede tener la presencia de maleza de hoja ancha, la cual se controla con la aplicación del herbicida o en caso de tener maleza de hoja angosta se puede hacer un control manual.

Se debe considerar que al aplicar cualquier herbicida se requiere que exista suficiente humedad en el terreno, no se debe aplicar cuando se aproxime la lluvia y así evitar que el producto se lave y disminuya su efectividad. Además, procurar que las aplicaciones se realicen de preferencia cuando la maleza sea pequeña y tener un mejor control, recomendándose tener especial atención de controlar la maleza en las primeras etapas de desarrollo del cultivo (Cerdas-Ramírez, 2015).

Fertilización

En el primer año de establecimiento se recomienda aplicar 100 kg de urea, mezclado con 150 kg de superfosfato de calcio triple, una vez que el cultivo ya emergió en su totalidad, posteriormente a los 25 o 30 días se hace una segunda fertilización mezclando 50 kg de superfosfato de calcio triple, mas 150 kg de urea y 50 kg de cloruro de potasio y así lograr un buen establecimiento de la Maralfalfa, que enraíce lo mejor posible y tenga un buen anclaje que le da una sobrevivencia de varios años de producción (Rodríguez, 2014).

Después de cada corte, se recomienda aplicar al menos 150 kg de urea/ha y cada año aplicar estiércol ya que como la Maralfalfa es un pasto de corte de alto potencial de producción de forraje, extrae del suelo cantidades considerables de nutrientes, los cuales se deben reponer para evitar que disminuya la fertilidad de los suelos. Si la fertilización orgánica es continua, se puede disminuir o eliminar por completo la fertilización química. Debe tenerse cuidado que al aplicar el fertilizante químico se estén registrando lluvias o se tenga suficiente humedad en el suelo y se disuelva el fertilizante, el cual se distribuye a chorrillo a un lado de la planta.

Cortes

El primer corte se puede realizar después de los 120 días, para garantizar un buen establecimiento del cultivo. Posteriormente, los cortes se pueden realizar cada 45 o 60 días a unos 20 cm del nivel del suelo. Se recomienda cortar el pasto en las horas de la tarde, después de que las plantas hayan realizado la fotosíntesis y acumulados carbohidratos solubles (almidón), los cuales están depositados en hojas y tallos (Chasipanta, 2016).

También el contenido de humedad ha disminuido por el aumento de la transpiración durante el día, facilitando el acarreo, picado y posiblemente una mayor digestibilidad de la

materia. En caso de cortarse en la mañana, debe dejarse marchitar y suministrarlo de inmediato a los animales, evitándose las pérdidas por fermentación y respiración, que son proporcionales al tiempo de almacenamiento (Chasipanta, 2016).

4.3.2. Valor Nutritivo

Según Florián (2015), el pasto Maralfalfa (*Pennisetum spp*) presenta la siguiente composición bromatológica.

Tabla 1. Contenido nutricional del pasto Maralfalfa (*Pennisetum spp*)

Nutrientes	Cantidad (%)
Materia seca	20,7
Cenizas	13,5
Fibra cruda	24,3
Grasa	2,1
Carbohidratos solubles	12,2
Proteína bruta	17,2

4.4. Pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*)

Es una planta de exuberante crecimiento, presenta tallos y hojas anchas lisas, sin espinas, ni vellosidades; su crecimiento es erecto y alcanza una altura de 1,5 a 1,8 m; se caracteriza por su alta producción de forraje que oscila entre 70 y 180 t/ha, con elevados contenidos en proteína y azúcares. Requiere suelos drenados, ácidos y neutros, soporta períodos de sequía prolongados por la profundidad de sus raíces, soporta asociaciones con leguminosas y forrajeras arbóreas (Maldonado-Peralta, 2019).



Figura 2. Pasto Cuba OM-22 para alimentación ganadera

Presenta un sistema radicular profundo (40 a 50 cm), esta característica lo diferencia de otras gramíneas de corte y le permite permanecer verde durante los meses de época seca. Su reproducción es de forma vegetativa por tallos maduros o partes de estos, donde la semilla debe contarse con 5 o 6 espacios entre nudos, que se siembran sobre surcos de forma horizontal o inclinadas en suelos de mediana a alta fertilidad y abonando orgánicamente tras cada corta. Así mismo puede sembrarse en cualquier época del año procurando brindarle disponibilidad de agua, sobre todo en lugares donde la época seca se prolongue por más de mes y medio. A los 90 días de siembra se recomienda realizar un corte de igualación; definiendo posteriormente cada ciclo de corte en 60 días. La edad de madurez fisiológica la alcanza entre los 35 a 45 días y su Edad de Madurez de Cosecha por encima de los 70 días, produciendo una inflorescencia que es una espiga de abundantes granos (Rincón et al., 2021).

4.4.1. Manejo del Cultivo

Se adapta a climas tropicales y subtropicales con temperaturas de 17° a 30° C, en zonas de hasta 1800 m.s.n.m. En zonas más altas el desarrollo es lento y su productividad es baja; para el desarrollo favorable del forraje es necesario cultivarlo por debajo de los 1500 metros de altitud y a una temperatura promedio de 25° C (Suárez, 2016). Puede llegar a soportar precipitaciones por encima de los 1000 mm/año y hasta el 80% de humedad relativa (CRS, 2015, p. 31). Si bien es cierto es resistente a la humedad, pero no al encharcamiento ya que esto puede provocar la podrición de la raíz y el tallo, además tiene capacidad de producir aún en épocas de déficit hídrico (Chimbo y Clever, 2014).

Los *Pennisetum* no son exigentes, suelen a adaptarse a suelos con pH 5,6 a 7 con textura francos y francos arcillosos, de mediana fertilidad, aunque se obtiene producciones elevadas en suelos con gran contenido de materia orgánica y con capacidad para conservar cierta humedad (Chimbo, 2014 y Clever, 2014).

La siembra se realiza con material vegetativo obtenido plantas con madurez adecuada. Al seleccionar una especie forrajera destinada para la alimentación ganadera, la principal atención que se muestra es en su producción de material vegetativo y composición bromatológica. Estos factores no son los únicos que pueden influir sobre el animal, a esto se debe incluir el estado de madurez del forraje suministrado, la presión del pastoreo, la exposición del sol sobre ellos, período de recuperación, entre otros (Navichoc, 2013).

4.4.2. Valor Nutritivo

El pasto se encuentra en su mejor estado nutricional a los 60 días, presentando mayor volumen de materia verde por hectárea; la altura de corte es de 2,1 m, en suelos muy anegados se recomienda cortarlo a 10 cm del suelo (Arronis, 2022).

Cuba OM-22 produce abundante follaje desde su base y presenta tallos gruesos con muy buena digestibilidad. Produce elevados contenidos en proteína y azúcares; soporta periodos de sequía prolongados por la profundidad de sus raíces. (Molina, 2021).

Tabla 2. Valor nutritivo y producción de biomasa del pasto Cuba OM 22 a diferentes edades de corte (%)

Nutrientes	40 días	50 días	60 días	70 días	90 días
Materia seca	12,67	13,33	17,67	19,93	12,55
Proteína cruda	10,07	11,17	9,76	8,67	7,70
FDA	30,3	33,10	38,67	40,23	48,45
FDN	50,9	59,53	67,80	72,16	73,80
Lignina	1,97	2,20	2,53	2,83	4,00
Cenizas	12,17	10,60	11,50	10,93	12,60
EE	2,34	2,90	2,47	2,10	1,60
Prod. (t/ha)	139,33	117,33	226,67	256,00	225

FDA: Fibra Detergente Ácida, FDN: Fibra Detergente Neutra, EE: Extracto etéreo.

Fuente: Arronis, 2009.

Tabla 3. Comparación del valor nutritivo de los pastos Maralfalfa y Cuba OM-22

Forraje	Maralfalfa	Cuba 22
Edad de cosecha	70 días	65 días
Materia seca (%)	9,30	18,90
Proteína cruda (%)	8,56	11,40
Extracto etéreo (%)	1,95	2,20
Cenizas (%)	11,20	8,80
Fibra detergente neutra (%)	70,15	69,70
Fibra detergente ácida (%)	41,23	39,60
Lignina (%)	2,30	2,90
CNF (%)	12,25	14,15
DIVMS (%)	62,15	70,10
NDT (%)	52,30	57,71
Energía digestible (Mcal/kg)	2,41	2,59
Energía metabólica. (Mcal/kg)	2,00	2,15
ENI (Mcal/kg)	1,21	1,31

CNF: Contenido de carohidratos no fibrosos, DIVMS: Digestibilidad in vitro de materia seca, NDT: Nutrientes Digestibles Totales, ENI: Energía Neta para Lactancia.

Fuente: Adaptado de Campos-Granados y Rojas-Bourrillon 2017.

Madera et al., (2013), al evaluar el *Pennisetum purpureum* a 6 edades de corte, observó que la altura de la planta, la circunferencia en la cepa, largo y ancho de hoja, diámetro de

entrenado y la biomasa incrementa a medida que avanza la edad de cosecha; mientras que en las variables hoja/tallo y digestibilidad in vitro de la materia seca disminuyen conforme incrementa la edad de la defoliación.

En otra investigación, al valorar el *Pennisetum purpureum* Schumach a diferentes edades de rebrote (50, 60, 70, 80 y 90 días) y dos épocas de año (lluvioso y seco), la producción de biomasa se incrementó hasta los 70 días en las dos épocas, llegando a producir 25,5 t/MS/ha/año en la mejor época (seco), a partir de dicha edad la producción de forraje sufrió un declive debido al número de hojas que presentaban los tallos. El contenido de nutrientes y la DIVMS también resultados afectados a medida que el tiempo transcurría (Vivas et al., 2019).

Ensayos realizados en Colombia por Molina (2005) reportan niveles de Proteína Cruda para el pasto Maralfalfa a los 35, 45 y 60 días de 12.46 10,80 y 7,12 por ciento, respectivamente. En un trabajo similar realizado en los bosques secos de Venezuela, Pinto (2006) reportó datos de PC para el mismo pasto de 14.67 por ciento, 9.87 por ciento y 6.57 por ciento para los 30, 45 y 60 días de corte respectivamente. Por otro lado, Porras y Castellano (2006) citado por Márquez et al. (2007) reportaron valores más bajos para este cultivar (9.75, 8.69 y 5.35 por ciento para 30, 45 y 60 días).

Estudios realizados en Costa Rica, comparando tres genotipos de pasto elefante obtuvieron valores de PC para el Maralfalfa de 11,2 y 6.5 por ciento en parcelas sin fertilizar y de 16.1 y 12.7 por ciento fertilizado a los 45 y 65 días respectivamente (Arronis, 2009).

Correa (2006) en su trabajo sobre la caracterización nutricional del pasto Maralfalfa en Colombia obtuvo un promedio para la proteína de 20.30 por ciento entre los días 40 y 110.

Según Molina (2005), obtuvo valores (porcentaje) para la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) del Maralfalfa de 72.92, 69.79 y 64.59 a los 35, 45 y 60 días de edad respectivamente.

Específicamente, los pastos Cuba CT-115, Cuba CT-169, Cuba OM-22 pertenecen al género *Pennisetum*, y se caracterizan por presentar altos rendimiento, digestibilidad de sus componentes y contenido proteico (Martínez et al., 2009). Dentro de ellos, el híbrido Cuba

OM-22 se considera un excelente forraje, de rápido crecimiento y aumento de densidad poblacional de tallos, hojas anchas, además de que soporta cambios climáticos.

Martínez et al. (2010) expresan que, al evaluar varios *Pennisetum*, el híbrido Cuba OM-22 es el que mejor proporción de hojas presentó, por lo que se sugiere su utilización donde se necesite mayor cantidad de nutrientes digestibles y que se debe cosechar entre los 42 y 70 días del rebrote, cuando muestra el mejor valor nutritivo (42 días) y la mayor producción de biomasa (70 días). También se recomienda este pasto, por no tener vellosidades en las hojas para el corte manual en pequeñas fincas.

4.5. Relación entre las Características de Crecimiento y el Valor Nutritivo

Mediante análisis de correlación y regresión se puede determinar el grado de asociación entre dos o más variables y estimar el valor de una variable en base a los valores conocidos de otras.

4.5.1. Análisis de Correlación

La correlación permite medir el signo y magnitud de la tendencia entre dos variables. El signo indica la dirección de la relación

- Un valor positivo indica una relación directa o positiva,
- Un valor negativo indica relación indirecta, inversa o negativa,
- Un valor nulo indica que no existe una tendencia entre ambas variables (puede ocurrir que no exista relación o que la relación sea más compleja que una tendencia, por ejemplo, una relación en forma de U).

La magnitud indica la fuerza de la relación, y toma valores entre -1 a 1. Cuanto más cercano sea el valor a los extremos del intervalo (1 o -1) más fuerte será la tendencia de las variables, o será menor la dispersión que existe en los puntos alrededor de dicha tendencia.

Cuanto más cerca del cero esté el coeficiente de correlación, más débil será la tendencia, es decir, habrá más dispersión en la nube de puntos (Ferrero, 2020).

Con el análisis de correlación de Pearson se obtiene una declaración sobre la correlación lineal entre variables de escala métrica. Para el cálculo se utiliza la covarianza respectiva. La covarianza da un valor positivo si hay una correlación positiva entre las variables y un valor negativo si hay una correlación negativa (Lalinde et al., 2018). La covarianza se calcula utilizando

$$Cov(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N - 1}$$

Sin embargo, la covarianza no está normalizada y puede asumir valores entre más y menos infinitos. Esto dificulta la comparación de la fuerza de las relaciones entre diferentes variables. Por ello, se calcula el coeficiente de correlación, también llamado correlación producto-momento. El coeficiente de correlación se obtiene normalizando la covarianza (Lalinde et al., 2018). Para esta normalización, se utilizan las varianzas de las dos variables implicadas y el coeficiente de correlación se calcula como

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

El coeficiente de correlación de Pearson puede tomar ahora valores entre -1 y +1 y puede interpretarse como sigue

- El valor +1 significa que existe una relación lineal totalmente positiva (cuanto más, más),
- El valor -1 indica que existe una relación lineal totalmente negativa (cuanto más, menos),
- Con el valor 0 no existe ninguna relación lineal, es decir, las variables no están correlacionadas entre sí.

4.5.2. Análisis de Regresión

El análisis de regresión se utiliza para determinar la relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes. Esto incluye el tratamiento de la dependencia entre la variable explicada y las variables explicativas, con el objetivo de estimar la media de la primera a partir de los valores conocidos de las segundas. Al estudiar una única variable dependiente con referencia a una o más variables independientes, se conoce como análisis de regresión simple. En caso de que se consideren más de una variable independiente, el análisis se denomina análisis de regresión múltiple (Bernal et al., 2011). A continuación, se detalla el modelo de regresión línea simple.

$$Y_{ij} = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = observación de la variable

X_i = i-ésimo valor de la variable independiente

α = origen de la recta (indica valor esperado de Y cuando X=0)

β = pendiente de la recta (tasa de cambio en Y frente al cambio unitario en X)

ε_{ij} = variación aleatoria asociado a la -ésima observación de Y bajo el nivel X_i

La ecuación de cualquier recta puede ser escrita como $Y = \alpha + \beta x$ donde α es la ordenada al origen e indica el valor de y para $x = 0$ y β es la pendiente e indica cuánto cambia y por cada incremento unitario en x. Cuando β es un número positivo significa que hay un crecimiento de β unidades en y por cada incremento de una unidad en x; si β es un número negativo, y disminuirá β unidades con cada incremento unitario de x (Rienzo et al., 2015).

El método de los mínimos cuadrados es ampliamente usado para análisis de regresión debido a su efectividad y a las buenas propiedades estadísticas asociadas. Los mínimos cuadrados (MC) poseen las siguientes características:

- Se expresan los estimadores en términos de los valores observables X y Y obtenidos de la muestra,
- Estos estimadores producen un solo valor puntual para el parámetro de la población,
- Al generar los estimadores de MC, se genera la línea de regresión de la muestra. Esta regresión predice la Y real (población) con base en la Y estimada (muestra).

Bernal et al. (2011) señalan que, al realizar un análisis de regresión mediante ANOVA, la variabilidad de la variable dependiente se puede desagregar en variabilidad explicada por el modelo y variabilidad no explicada; esto proporciona la oportunidad de contrastar si el modelo es significativo o no. Además, mencionan que para crear un modelo de regresión lineal es necesario que cumpla con los siguientes supuestos:

Linealidad

El modelo de regresión debe ser lineal en los parámetros, no es necesario que lo sea en las variables. Es decir, el modelo de regresión debe ser de la forma $Y = \beta_0 + \beta_1 X + u$ (regresión lineal simple); $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_n X_n + u$ (regresión lineal múltiple).

Valores fijos de X, o valores de X independientes del término error

Los valores que toma la variable independiente X pueden ser considerados como fijos en el caso de la variable independiente fija, o haber sido muestreada con la variable dependiente Y en el caso de la regresora estocástica. Así mismo que la(s) variable(s) X y el término error son independientes.

El valor de la perturbación (u) tenga una esperanza matemática igual a 0

Este supuesto establece que el valor de la media de la perturbación, que depende las variables independientes dadas, es cero. Lo que mantiene el supuesto es que los factores que no se incluyen explícitamente en un modelo dado, y, por consiguiente, pertenecen a u, no afectan el valor de la media de Y.

Homocedasticidad

La varianza de las perturbaciones es la misma sin importar el valor de X. Es decir, la variación alrededor de la línea de la regresión formada por el promedio entre X y Y, es la misma para todos los valores de X, lo contrario se conoce como heteroscedasticidad.

No colinealidad (para regresiones múltiples)

Es decir, la inexistencia de colinealidad perfecta – si una de las variables independientes tiene una relación lineal con otras variables independientes – y colinealidad parcial – si entre las variables independientes existen altas correlaciones -. Al existir colinealidad los predictores se encontrarían en combinación lineal, y la influencia de cada uno de ellos en la variable dependiente no puede distinguirse al quedar solapados unos con otros.

Naturaleza de las variables X

Los valores de la variable X no deben ser atípicos, es decir, valores muy dispersos en relación con el resto de las observaciones, con el fin de que los resultados de las regresiones estén subyugados por tales valores atípicos. Así mismo, todos los valores de X en una muestra específica no deben ser iguales. Si los valores de X son idénticos se imposibilita la estimación de los Beta, la variación que existe tanto en los valores de X como de Y es necesario para poder utilizar la regresión como herramienta.

En un cultivo interesa conocer las razones de la estabilidad en la distribución de su rendimiento dentro de una población. La regresión permite determinar cómo cambia el rendimiento promedio del cultivo dado la cantidad de fertilizante aplicado. Es decir, lo que intenta predecir es el rendimiento del cultivo a partir de la cantidad de fertilizante aplicado (Ramírez et al., 2018). En la figura 3 se observa el rendimiento de un cultivo por hectárea (t) y el abono aplicado (kg), mediante el software Stata se encontró la siguiente ecuación de la regresión: $Y = 17,56 + 1,86x$; $R^2 = 0,95$

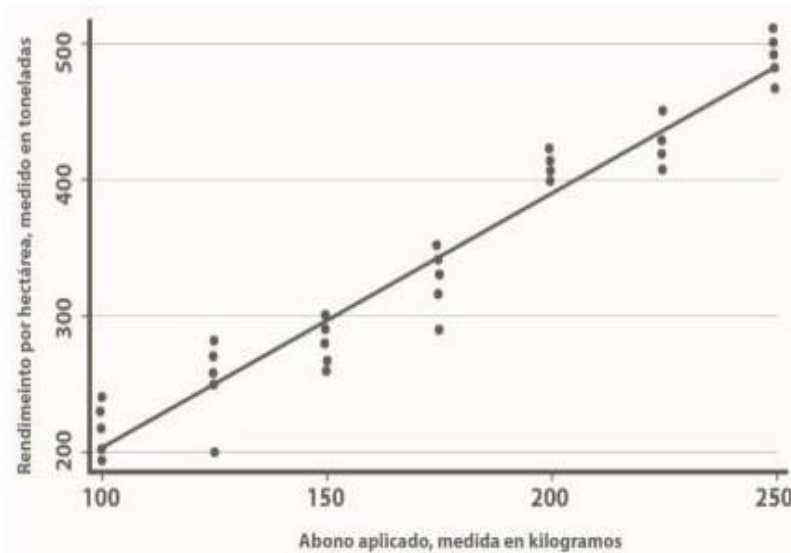


Figura 3. Rendimiento por hectárea según la cantidad de abono aplicado

El valor de $\beta_1 = 1,86$, mide la pendiente e indica que, entre el intervalo muestral de X entre 100 y 250 kg de abono por hectárea, a medida que el valor X aumenta 1 kg, el incremento estimado en el rendimiento promedio por hectárea es 1,87 t. Es decir, que, por cada kg de abono adicional, en promedio, produce aumento en el rendimiento por hectárea de 1,86 t. El valor de $\beta_0 = 17,56$, que pertenece al intercepto, enseña el nivel promedio del rendimiento del cultivo cuando la cantidad de abono aplicado es cero. El valor de R^2 de 0,946 se interpreta que el nivel de abono aplicado explica el 94,6% de la variación del rendimiento por hectárea (Ramírez et al., 2018).

La introducción de nuevas especies en ecosistemas ganaderos trae consigo mejor conocimiento del rendimiento y calidad de la planta. Por lo cual, el objetivo del trabajo realizado por Uvidia et al. (2015) fue establecer la relación funcional de la edad con el rendimiento e indicadores de calidad del *Pennisetum purpureum* vs Maralfalfa en la Amazonía ecuatoriana. Se evaluaron las variables rendimiento de materia verde y seca de hojas y tallos, producción total de la planta en base húmeda y seca, proteína bruta, fibra, calcio (Ca) y fósforo (P), a las edades de 30, 45, 60, 75 y 90 días de rebrote. Para establecer la relación funcional de la edad con los indicadores del rendimiento y la calidad se realizó un análisis de regresión. La producción total de materia verde y seca se incrementó con la edad para ($p > 0,001$) y se ajustaron ecuaciones de regresión cuadrática, para ambos casos, los mayores valores se presentaron a los 90 días. Los indicadores de calidad se ajustaron a ecuaciones lineales, cuadráticas y cúbicas, con destaque para la proteína superior a 7 % a los 75 días. Se concluyó que edad tuvo un marcado efecto en el comportamiento de los indicadores evaluados, al

aumentar el rendimiento y disminuir la calidad. Las ecuaciones de regresión establecidas explican la estrecha relación de la edad, el rendimiento y la composición química. Estas pueden ser utilizadas para diseñar sistemas de manejo eficientes de esta variedad.

5. Metodología

5.1. Área de estudio

Los datos para la presente investigación se generaron en la estación experimental “El Padmi” de la Universidad Nacional de Loja; ubicada en la parroquia Los Encuentros, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe. La Estación, cuenta con una extensión de 102,95 ha, está ubicada a una altitud que varía de 775 a 1150 msnm, temperatura media anual de 22,8 °C, precipitación media anual de 1984 mm, el clima varía de subhúmedo a tropical húmedo; además, cuenta con un 70% de vegetación natural en diversas etapas de sucesión.



Figura 4. Mapa de ubicación de la estación experimental El Padmi de la UNL

Fuente: Adaptado de Google Maps, 2023.

5.2. Procedimiento

5.2.1. Recopilación de Datos

Se trabajó con datos de algunas variables de crecimiento y composición bromatológica de los pastos Maralfalfa (*Pennisetum spp*) y Cuba OM -22 (*Pennisetum purpureum schumach x Pennisetum glaucum*) generados en cultivos previamente establecidos en la estación experimental “El Padmi”, como parte del proyecto de investigación: Implementación de

tecnologías apropiadas para la mejora de los sistemas nutricionales bovinos, de pequeños y medianos productores, en la provincia de Zamora Chinchipe; que se ejecuta con financiamiento institucional. Para el presente estudio se tomaron en cuenta algunas variables de crecimiento y de composición bromatológica, como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 4. *Variables de crecimiento*

Variables	Definición
Días de corte	Número de días que tardará el pasto después de ser cosechado para estar nuevamente disponible para el otro corte.
Altura de planta	Distancia entre el suelo junto al tronco hasta el nivel más alto de la copa de la planta
Peso de hojas	Se realiza la separación de las hojas funcionales y después se pesa el total de hojas en una balanza digital en gramos.
Peso de tallos	Este proceso se realiza mediante el uso de una balanza digital en gramos, al momento de tener los tallos separados de las demás partes de la planta.
Peso de planta	Para obtener el peso de planta, incluye el peso de las hojas y tallos, de cada una de las plantas seleccionadas.

Tabla 5. *Variables bromatológicas*

Variables	Definición
Materia seca	Peso total de un alimento menos su contenido de agua.
Cenizas	Contenido de minerales totales o materiales inorgánico en la muestra.
Proteína bruta	Porcentaje de proteína que contiene un alimento.
Fibra detergente neutra	“La fibra detergente neutra incluye celulosa, hemicelulosa y lignina, además de residuos de nitrógeno y minerales. Las gramíneas se digieren más lentamente que las leguminosas, aunque la degradación total puede llegar a ser mayor que las leguminosas” ^a .
Fibra detergente ácida	“La fibra detergente ácida, está constituida fundamentalmente por celulosa y la lignina, además de residuos de nitrógeno y minerales” ^b .
Lignina	“La lignina es un heteropolímero que forma parte de la pared celular del tejido vascular de las plantas” ^c .

^{a,b}Bach, A.; Calsamiglia, S. 2006; ^cLucas et al.,2013.

5.2.2. Procesamiento de Datos

Los datos de las variables en estudio se organizaron en matrices para facilitar su posterior análisis estadístico. Para el análisis de regresión se clasificaron las variables en independientes y dependientes, conforme se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 6. *Clasificación de las variables en estudio*

Variables independientes	Variables dependientes
Días de corte	Materia seca
Altura de planta	Ceniza
Peso de hojas	Proteína bruta
Peso de tallos	Fibra detergente neutra
Peso de planta	Fibra detergente ácida
	Lignina

5.2.3. Análisis Estadístico

Se determinaron los coeficientes de correlación (r) de Pearson, entre las características de crecimiento y los indicadores bromatológicos de las dos especies forrajeras en estudio; luego, se seleccionaron aquellos coeficientes que superaron el nivel 0,05 de significación estadística, para establecer los parámetros de regresión y construir los modelos (ecuaciones) de predicción. Se utilizó el programa estadístico Infostat (versión 2021).

6. Resultados

6.1. Relación entre Características de Crecimiento y Valor Nutritivo del Pasto Maralfalfa

En la tabla 7 se presentan los coeficientes de correlación entre algunas variables de crecimiento y la composición bromatológica del pasto Maralfalfa.

Tabla 7. Indicadores de crecimiento y composición química del pasto Maralfalfa

	Días de corte	Altura de planta	Peso hojas	Peso tallos	Peso de planta	Materia seca	Cenizas	Proteína bruta	FDN	FDA	Lignina
Días de corte	1,00										
Altura de planta	0,98	1,00									
Peso hojas	0,58	0,58	1,00								
Peso tallos	0,66	0,73	0,67	1,00							
Peso de planta	0,68	0,74	0,80	0,98	1,00						
Materia seca	0,99	0,96	0,62	0,67	0,70	1,00					
Cenizas	-0,99	-0,97	-0,67	-0,72	-0,76	-0,99	1,00				
Proteína bruta	-0,80	-0,75	-0,84	-0,74	-0,82	-0,85	0,86	1,00			
FDN	0,88	0,83	0,80	0,75	0,81	0,92	-0,93	-0,98	1,00		
FDA	0,98	0,95	0,67	0,65	0,70	0,99	-0,99	-0,85	0,92	1,00	
Lignina	0,98	0,97	0,45	0,56	0,57	0,95	-0,94	-0,66	0,77	0,95	1,00

La correlación es significativa en el nivel 0.05 bilateral. FDN: Fibra Detergente Neutra, FDA: Fibra Detergente Ácida.

De manera general el análisis de correlación (r) de Pearson entre las variables de crecimiento y las variables bromatológicas del pasto Maralfalfa, muestra relación de moderada a fuerte entre los días de corte, altura de planta, peso hojas, peso tallos, peso de planta, materia seca, FDN, FDA y lignina, con coeficientes de correlación (r) mayores a 0,58; mientras que, entre los días de corte y el contenido de cenizas y proteína bruta, la relación es inversa o negativa con valores de - 0,99 y -0,80 respectivamente.

Similar comportamiento se observó entre la altura de planta, peso de hojas, peso de tallos y peso de planta con las variables bromatológicas; con coeficientes de correlación que van de moderados a fuertes.

La relación entre el contenido de materia seca y el contenido de cenizas y proteína cruda fue alta y negativa, con valores superiores a -0,85; es decir que, a medida que el contenido de materia seca se incrementa, los niveles de estos nutrientes disminuyen. Se observó una fuerte

relación positiva entre materia seca y contenido de FDA, FDN y lignina, con valores de r superiores a 0,92.

Finalmente, se pudo verificar que entre el contenido de proteína bruta y la FDN, FDA y lignina, existe un grado de asociación inverso de moderado a fuerte.

6.2. Modelos de Predicción para Características de Crecimiento y Valor Nutritivo del Pasto Maralfalfa

El análisis de regresión permitió definir la gráfica de la recta de regresión y la estimación de los parámetros para la elaboración de los modelos de predicción de las variables en estudio.

En la figura 5 se observa que el contenido de materia seca varía en función de los días de corte. El modelo ajustado indica que cuando los días de corte avanza 1 día con respecto al promedio, el contenido de materia seca aumenta 0,39%. El coeficiente de determinación (R^2), señala que el 100% de la variación en el contenido de la materia seca, se debe a los días de corte.

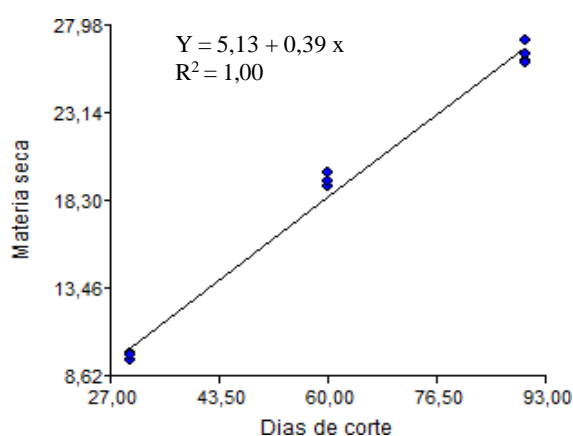


Figura 5. Relación entre días de corte y materia seca del pasto Maralfalfa

El contenido de materia seca en función de la altura de planta, presenta una regresión lineal (figura 6). El modelo señala que cuando la altura de planta incrementa 1 m con respecto al promedio, el contenido de materia seca disminuye 3,59%; mientras que el coeficiente de

determinación (R^2), indica que el 100% de la variación en el contenido de la materia seca, se debe a la altura de planta.

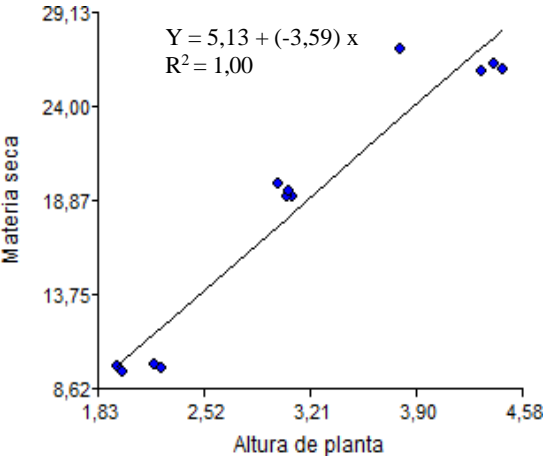


Figura 6. Relación entre altura de planta y materia seca del pasto Maralfalfa

En la figura 7 correspondiente a la variación en el contenido de cenizas en función a los días de corte, se muestra una regresión lineal negativa. El modelo presentado señala que cuando los días de corte avanza 1 día, el contenido de cenizas disminuye 0,07%; mientras que el coeficiente de determinación (R^2), indica que el 100% de la variación en el contenido de cenizas, se debe a los días de corte.

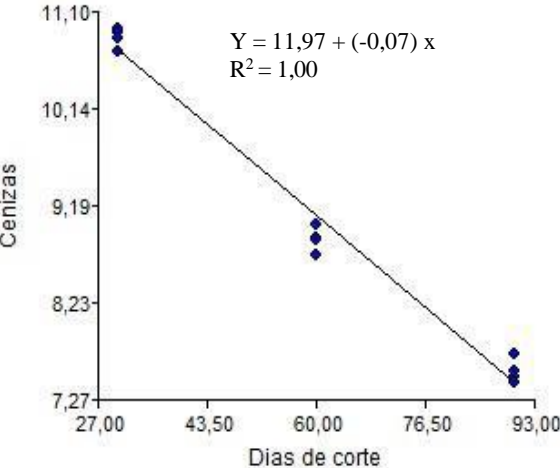


Figura 7. Relación entre días de corte y cenizas del pasto Maralfalfa

El análisis de regresión respecto a la variación en el contenido de cenizas en función a la altura de planta, posee una regresión lineal negativa (figura 8). El modelo ilustrado señala

que cuando la altura de planta incrementa 1 m, el contenido de cenizas aumenta 0,52%; mientras que el coeficiente de determinación (R^2), indica que el 100% de la variación en el contenido de ceniza, se debe a la altura de planta.

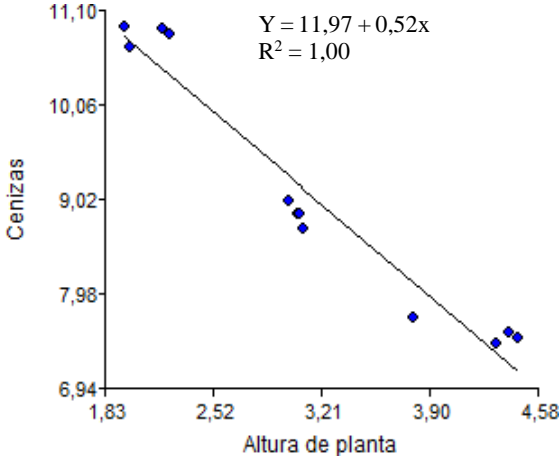


Figura 8. Relación entre altura de plata y ceniza del pasto Maralfalfa

En la figura 9 se observa que la variación en el contenido de proteína bruta en función a los días de corte, se determina una regresión lineal negativa. El modelo ajustado señala que cuando los días de corte avanza 1 día, el contenido de proteína bruta disminuye 0,36%; mientras que el coeficiente de determinación (R^2), indica que el 95% de la variación en el contenido de proteína bruta, se debe a los días de corte.

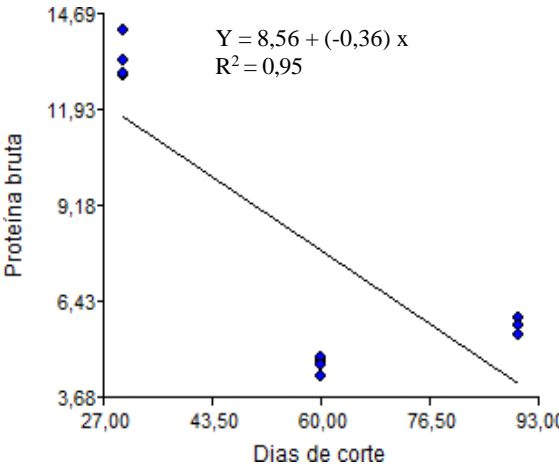


Figura 9. Relación entre días de corte y proteína bruta del pasto Maralfalfa

El análisis de regresión de la variación en el contenido de proteína bruta en relación a la altura de planta, se ajusta a una regresión lineal negativa altamente significativa (figura 10).

El modelo presentado señala que cuando la altura de planta incrementa 1 m con respecto al promedio, el contenido de proteína bruta aumenta 8,88%; mientras que el coeficiente de determinación (R^2), indica que el 95% de la variación en el contenido de la proteína bruta, se debe a la altura de planta.

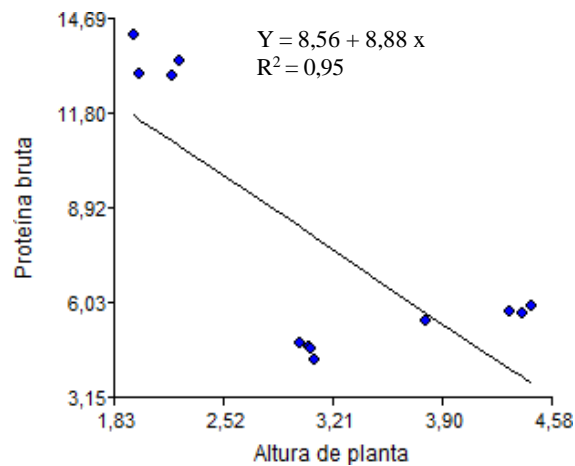


Figura 10. Relación entre altura de planta y proteína bruta del pasto Maralfalfa

El análisis de regresión que se presenta en la figura 11, de la variación en el contenido de fibra detergente neutra (FDN) en función a los días de corte, se determina una regresión lineal. El modelo ajustado señala que cuando los días de corte avanza 1 día, el contenido de FDN aumenta 0,43%; mientras que el coeficiente de determinación (R^2), indica que el 98% de la variación en el contenido de FDN, se debe a los días de corte.

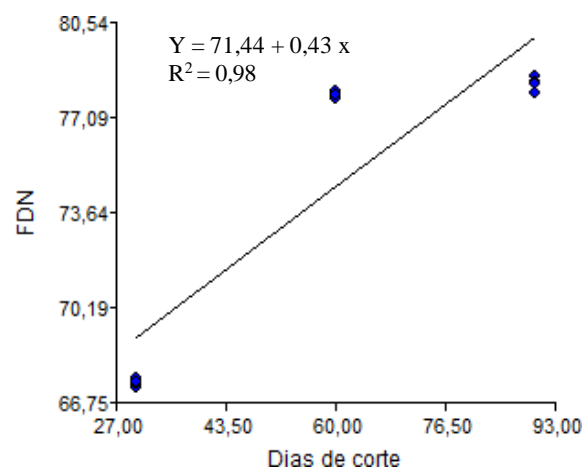


Figura 11. Relación entre días de corte y fibra detergente neutra del pasto Maralfalfa

En la figura 12 la variación del contenido de fibra detergente neutra (FDN) en función a la altura de planta, se ajusta a una regresión lineal. El modelo ajustado señala que cuando la altura de planta incrementa 1 m con respecto al promedio, el contenido de FDN se disminuye 9,57%; mientras que el coeficiente de determinación (R^2), indica que el 98% de la variación del contenido de FDN, se debe a la altura de planta.

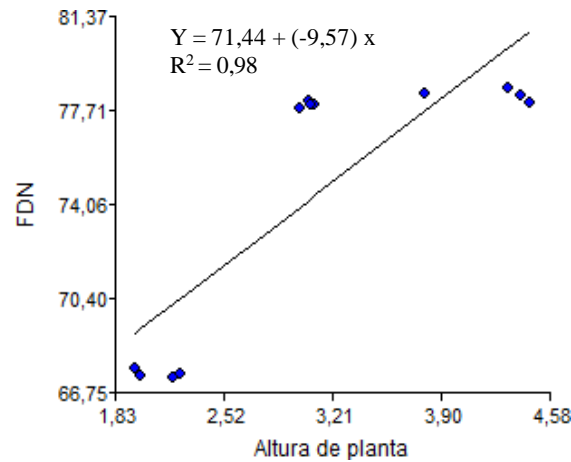


Figura 12. Relación entre altura de planta y fibra detergente neutra del pasto Maralfalfa

El análisis de regresión que se ilustra en la figura 13, presenta la variación del contenido de fibra detergente ácida (FDA) en relación con los días de corte, se ajusta una regresión línea altamente significativa. El modelo indica que cuando los días de corte avanza 1 día, el contenido de FDA aumenta 0,15%; mientras que el coeficiente de determinación (R^2), señala que el 99% de la variación del contenido de FDA, se debe a los días de corte.

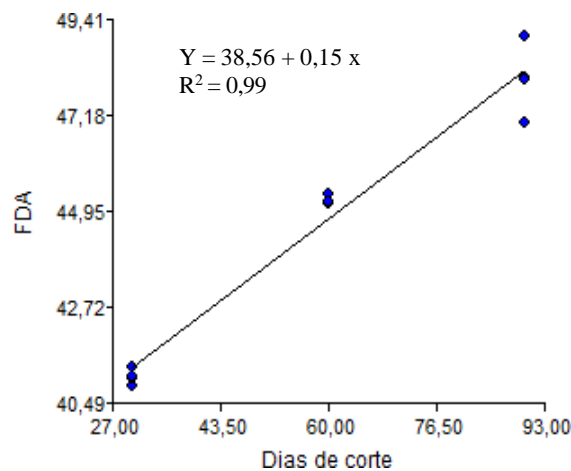


Figura 13. Relación entre días de corte y fibra detergente ácida del pasto Maralfalfa

En el análisis de regresión se observa una variación del contenido de fibra detergente ácida (FDA) en función a la altura de planta, se ajusta a una regresión lineal (figura 14). El modelo ajustado indica que cuando la altura de planta incrementa 1 m con respecto al promedio, el contenido de FDA disminuye 1,13%. El coeficiente de determinación (R^2), señala que el 99% la variación del contenido de FDA, se debe a la altura de planta.

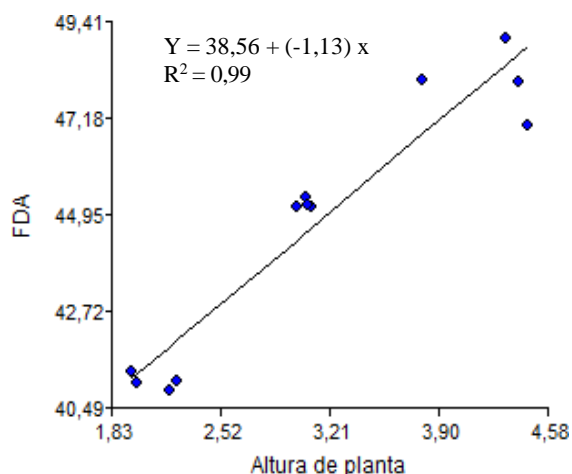


Figura 14. Relación entre altura de planta y fibra detergente ácida del pasto Maralfalfa

Se observa que la variación del contenido de lignina en función a los días de corte, se presenta una regresión lineal (figura 15). El modelo presentado indica que cuando los días de corte avanza 1 día, el contenido de lignina aumenta 0,10%; mientras que el coeficiente de determinación (R^2), señal que el 98% de la variación del contenido de lignina, se debe a los días de corte.

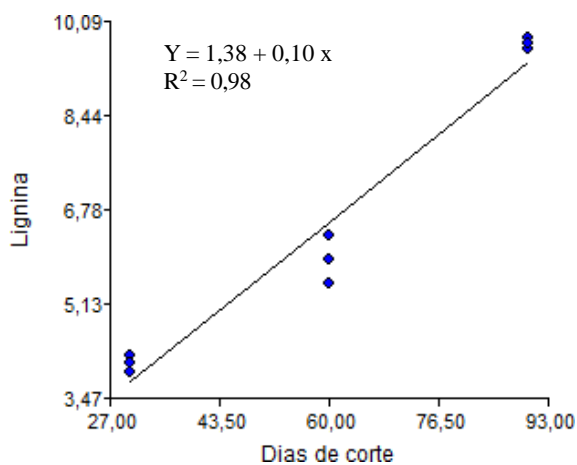


Figura 15. Relación entre días de corte y lignina del pasto Maralfalfa

6.3. Relación entre Características de Crecimiento y Valor Nutritivo del Pasto Cuba OM 22

Los coeficientes de correlación entre variables bromatológicas y valor nutritivo se detallan en la siguiente matriz.

Tabla 8. Coeficientes de correlación entre variables de crecimiento y la composición bromatológica del pasto Cuba OM 22

	Días de corte	Altura de planta	Peso hojas	Peso tallos	Peso de planta	Materia seca	Cenizas	Proteína bruta	FDN	FDA	Lignina
Días de corte	1,00										
Altura de planta	0,99	1,00									
Peso hojas	0,97	0,95	1,00								
Peso tallos	0,86	0,83	0,84	1,00							
Peso de planta	0,95	0,93	0,96	0,96	1,00						
Materia seca	0,73	0,74	0,68	0,67	0,70	1,00					
Cenizas	-0,98	-0,95	-0,96	-0,88	-0,96	-0,68	1,00				
Proteína bruta	-1,00	-0,99	-0,96	-0,87	-0,96	-0,75	0,97	1,00			
FDN	-0,85	-0,89	-0,78	-0,70	-0,77	-0,75	0,76	0,85	1,00		
FDA	0,75	0,67	0,75	0,64	0,73	0,30	-0,84	-0,72	-0,35	1,00	
Lignina	0,77	0,71	0,82	0,72	0,80	0,43	-0,87	-0,76	-0,37	0,90	1,00

La correlación es significativa en el nivel 0.05 bilateral. FDN: Fibra Detergente Neutra, FDA: Fibra Detergente Ácida.

La matriz de correlación (r) de Pearson entre las variables de crecimiento y las variables bromatológicas del pasto Cuba OM-22, presentó relación de moderada a fuerte. Así tenemos que, entre los días de corte y la altura de planta, peso hojas, peso tallos, peso de planta, materia seca, FDA y lignina; la relación fue directa, con coeficientes de correlación (r) mayores a 0,75; mientras que, entre los días de corte y el contenido de cenizas, proteína bruta y FDN; la relación fue inversa o negativa.

Similar comportamiento se observó entre la altura de planta, peso de hojas, peso de tallos y peso de planta con las variables bromatológicas; con coeficientes de correlación que van de moderados a fuertes.

La relación entre el contenido de materia seca y el contenido de cenizas, proteína bruta y FDN fue moderada y negativa, con valores cercanos a -0,75; es decir que, a medida que el contenido de materia seca se incrementa, los niveles de estos nutrientes disminuyen. Se observó una débil relación positiva entre materia seca y contenido de FDA y lignina, con valores de r inferiores a 0,43.

Finalmente, se pudo verificar que, entre el contenido de proteína bruta, FDA y lignina, existe un grado de asociación inverso moderado.

6.4. Modelos de Predicción para Características de Crecimiento y Valor Nutritivo del Pasto Cuba OM 22

En la figura 16 se observa que la variación en el contenido de materia seca en función de la altura de planta, se ajusta a una regresión lineal. El modelo ajustado señala que cuando la altura de planta incrementa 1 cm con respecto al promedio, el contenido de materia seca aumenta 0,03%; mientras que el coeficiente de determinación (R^2), indica que el 55% de la variación en el contenido de la materia seca, se debe a la altura de planta.

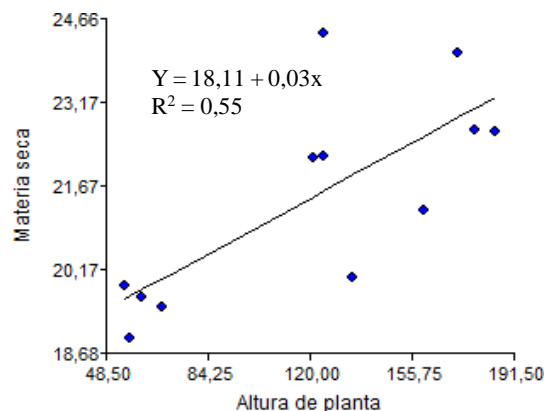


Figura 16. Relación entre altura de planta y contenido de materia seca del pasto Cuba OM-22

En la figura 17 se presenta que la variación de contenido de cenizas en función a los días de corte, se ajustó a una ecuación de regresión lineal negativa. El modelo ajustado señala que por cada día que avanza el crecimiento del cultivo, el contenido de cenizas disminuye 0,07%; mientras que el coeficiente de determinación (R^2), indica que el 97% de variación en el contenido de cenizas, se debe a los días de corte.

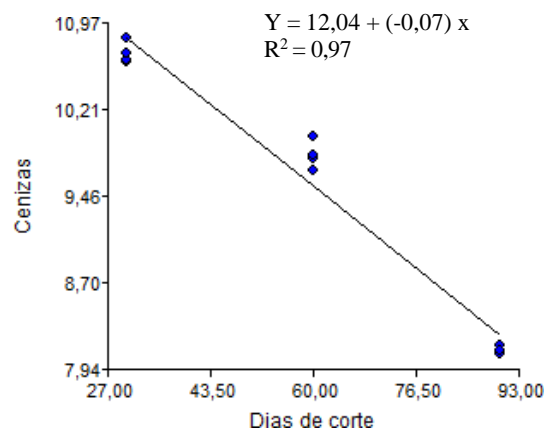


Figura 17. Relación entre días de corte y cenizas del pasto Cuba OM 22

El análisis de regresión que se ilustra en la figura 18, se presenta que la variación en el contenido de cenizas y relación con altura de planta se establece una regresión lineal negativa. El modelo que se estable señala que cuando la altura de planta incrementa 1 cm con respecto al promedio, el contenido de cenizas aumenta 0,01%; mientras que el coeficiente de determinación (R^2), indica que el 97% de la variación de cenizas, se debe a la altura de planta.

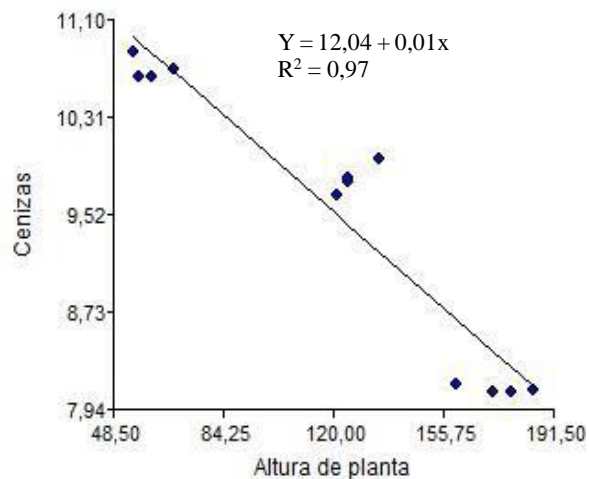


Figura 18. Relación entre altura de planta y cenizas del pasto Cuba OM-22

Se ajusta una regresión lineal negativa altamente significativa figura 19, en la variación del contenido de proteína bruta en función a los días de corte. El modelo que se presenta señala que cuando los días de corte avanza 1 día, el contenido de proteína bruta disminuye 0,06%;

mientras que el coeficiente de determinación (R^2), indica que el 99% de la variación en el contenido de la proteína bruta, se debe a los días de corte.

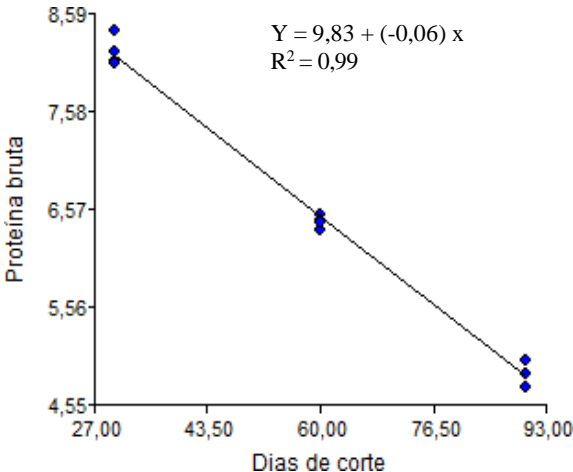


Figura 19. Relación entre días de corte y proteína bruta del pasto Cuba OM-22

En el análisis de regresión se observa que la variación en el contenido de fibra detergente neutra (FDN) en función de la altura de planta, se estableció una regresión lineal negativa (figura 20). El modelo ajustado señala que cuando la altura incrementa 1 cm con respecto al promedio, el contenido de FDN disminuye 0,08%; mientras que el coeficiente de determinación (R^2), indica que el 79% de la variación en el contenido de FDN, se debe a la altura de planta.

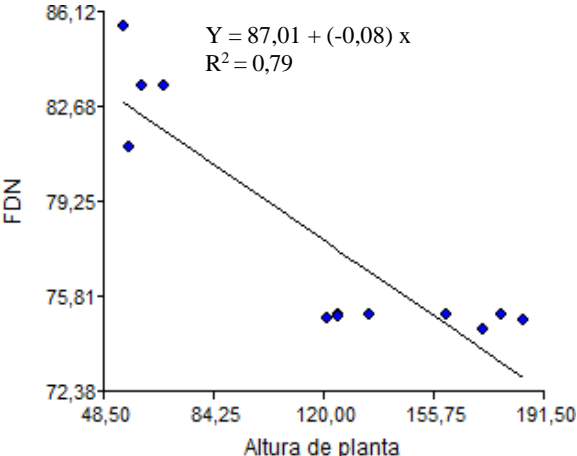


Figura 20. Relación entre altura de planta y fibra detergente neutra del pasto Cuba OM-22

7. Discusión

Las características de crecimiento y el valor nutritivo de los pastos pueden variar debido a la incidencia de varios factores como: especie y variedad, características del suelo, condiciones ambientales, manejo, etc. La célula vegetal está formada por pared celular y contenido citoplasmático; el citoplasma contiene proteínas, aminoácidos, lípidos, pectinas, vitaminas hidrosolubles y minerales; mientras que la pared celular está compuesta de fibrillas de celulosa envueltas en una matriz de hemicelulosa, pectinas y lignina. La composición de la pared celular varía con la especie y madurez; por tanto, el intervalo de pastoreo o corte, influye de manera directa en el valor nutritivo de los pastos y forrajes (Pezo, 2018).

El análisis de correlación y regresión permite determinar el grado de asociación entre las variables de interés; mediante el análisis de regresión se pueden cuantificar los cambios de la variable respuesta Y (dependiente) por el cambio de unidades ocurrido en la variable explicativa X (independiente); además, se pueden hacer predicciones del comportamiento de cualquier variable en un momento determinado.

En el presente estudio se determinó que las características de crecimiento y la composición química de los pastos Maralfalfa (*Pennisetum spp*) y Cuba OM 22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) presentan coeficientes de correlación de moderadas a fuertes. Los días de corte, influyen de manera directa sobre altura de planta, peso tallos peso de hojas, peso de planta, contenido de materia seca; FDN, FDA y lignina; mientras que con el contenido de cenizas y proteína la relación es inversa; es decir que a medida que avanza el estado de madurez de los pastos se incrementa su rendimiento, pero se disminuye la calidad; similar comportamiento se observó en un estudio realizado por Uvidia et al. (2015), al evaluar el rendimiento y calidad del *Pennisetum purpureum* vs Maralfalfa a los 30, 45, 60, 75 y 90 en la Amazonía ecuatoriana.

El contenido de proteína bruta y cenizas disminuyeron con la edad de corte, lo que se verifica con las respectivas ecuaciones de predicción; resultados similares fueron reportados por Uvidia et al. (2015), en su estudio sobre el rendimiento y calidad del *Pennisetum purpureum* vs Maralfalfa a los 30, 45, 60, 75 y 90 en la Amazonía ecuatoriana; este comportamiento podría estar relacionado con la reducción de la síntesis de compuestos proteicos, debido al incremento de los carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa), así

como también a la disponibilidad de nitrógeno del suelo. El contenido mineral es mayor en los cultivares jóvenes y durante la etapa de crecimiento, especialmente en hojas, brotes jóvenes y extremos radicales; su decremento conforme el pasto envejece podría estar relacionado con el desarrollo vegetativo, debido a la menor presencia de hojas en los tallos (Ramírez, 2008).

El peso de la planta afectó de manera directa en el contenido de materia seca, FDN, FDA y lignina; la fibra es un nutriente no digerible que afecta la digestibilidad de los nutrientes en los pastos; cuanto mayor sea el contenido de fibra, menor será su contenido de proteína bruta, ya que la fibra reduce la cantidad de nutrientes disponibles para su absorción por los animales (Gonzales et al., 2011; Correa et al., 2008 y Maldonado et al., 2019).

El análisis de regresión entre altura de planta y contenido de materia seca del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*), presentó una tendencia lineal altamente significativa, lo que significa que, por cada centímetro de aumento, la materia seca se incrementa en 0,03 unidades. La altura de planta aumentó conforme transcurrió el período siendo que a los 93 días se reportó una altura de 191,5 cm; este comportamiento se podría explicar por la tendencia de los pastos del género *Pennisetum* a tener mayor crecimiento de la superficie foliar; cuanto mayor es el área foliar de una planta, mayor será su producción de materia seca. Además, una planta de mayor altura tendrá una mayor producción de materia seca ya que tendrá una mayor exposición al sol para producir más energía a través de la fotosíntesis (Rodríguez, 2011).

Con respecto al contenido de cenizas en función a la altura de la planta el pasto Maralfalfa (*Pennisetum spp*) el modelo ajustado señala que cuando la altura de planta se incrementa en 1 m con respecto al promedio, el contenido de cenizas aumenta 0,52%; mientras que el coeficiente de determinación (R^2), indica que el 100% de la variación en el contenido de cenizas, se debe a la altura de planta, mientras el pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) el modelo que se estable señala que cuando la altura de planta incrementa en 1 cm con respecto al promedio, el contenido de cenizas aumenta 0,01%; mientras que el coeficiente de determinación (R^2), indica que el 97% de la variación de cenizas, se debe a la altura de planta. En el pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) se evidencia una regresión negativa a los 93 días de corte, mientras que el pasto Maralfalfa (*Pennisetum spp*) se eleva a medida de la altura de la planta, es decir que el

contenido de cenizas en el pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) tiende a disminuir conforme la edad de cosecha se incrementa, a medida que la planta madura la parte inorgánica presenta una merma.

El pasto Maralfalfa (*Pennisetum spp*) a los 93 días de corte ha presentado una tendencia lineal altamente significativa en el contenido de fibra de detergente neutra (FDN) y la fibra detergente ácida (FDA) el contenido de FDN aumenta 0,43%; mientras que el coeficiente de determinación (R^2), indica que el 98% de la variación en el contenido de FDN, se debe a los días de corte, según estudio de (MERTENS, 1987), un mayor contenido de FDN significa un menor consumo de materia seca.

En este sentido según estos autores (Calzada-Marín, 2014) el adecuado manejo del pasto, involucra aspectos tales como la edad de rebrote, la cual está íntimamente ligada a la relación hoja y tallo, la cual disminuye porque la cantidad de tallo y material muerto incrementa y disminuye a su vez la cantidad de hoja.

El mejor aprovechamiento de los pastos se consigue cuando el estado de madurez es el indicado, es decir cuando se presente un balance entre la calidad nutritiva y la producción de biomasa seca, en pocas palabras este balance se logra con la máxima productividad de materia seca digestible por unidad de superficie por año (Sánchez, 2007).

8. Conclusiones

En base a los resultados y discusión, se proponen las siguientes conclusiones:

- Las características agronómicas y el valor nutritivo de los pastos Cuba OM-22 y Maralfalfa están fuertemente relacionadas entre sí, con un marcado efecto de la edad de corte, sobre la altura planta, peso tallos, peso de hojas, peso planta, contenido materia seca, cenizas, proteína bruta, FDN, FDA y Lignina.
- La correlación entre edad de corte, altura planta, peso tallos, peso de hojas, peso planta, contenido materia seca, FDN, FDA y Lignina, es directa o positiva, con valores de r superiores a 0,6; mientras que, con el contenido de cenizas y proteína bruta (PB) es inversa o negativa, con valores superiores a -0,8; es decir que, a medida que avanza la edad de corte se incrementa el rendimiento, pero se disminuye la calidad de los pastos.
- Los modelos de predicción mediante regresión lineal demuestran una tendencia lineal entre la edad de corte y las características agronómicas y composición química; situación que puede ser aprovechada para establecer mecanismos que contribuyan a mejorar el manejo y aprovechamiento eficiente de estos pastos.
- El análisis de correlación y regresión es una herramienta estadística muy útil para el manejo racional de los recursos forrajeros ya que permite conocer el nivel de relación o dependencia entre diferentes variables de interés práctico; así como, la proyección de valores futuros en función de resultados.

9. Recomendaciones

En base a los resultados y conclusiones alcanzados en el presente trabajo de investigación, se plantean las siguientes recomendaciones:

- Propiciar la aplicación práctica de los modelos de predicción generados mediante regresión lineal, en variables relacionadas con las características agronómicas y calidad nutritiva de los pastos Cuba OM 22 y Maralfalfa, con el propósito de mejorar su manejo y aprovechamiento, como alternativa para complementar la alimentación del ganado bovino en la Amazonia Sur ecuatoriana.
- Desarrollar nuevos trabajos de investigación orientados a estudiar el comportamiento agronómico y valor nutritivo de otras especies forrajeras existentes en la región, durante las dos épocas de año, en otros estadios fenológicos y condiciones de manejo, que permitan generar alternativas para la alimentación bovina.

10. Bibliografía

- Arronis, V. (2009). Comportamiento Productivo y Recomendaciones en la Utilización del Forraje de Corte Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en la Región Brunca. *Hoja Divulgativa de Infoagro, Costa Rica*.
- Arronis, V. (2022). Ganadería suplementación. INTA/AECI. Costa Rica. Desplegable. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-2238.pdf>
- Bach, A. y Calsamiglia S. (2006). Grupo de investigación en nutrición, manejo y bienestar animal. IRTA - Unidad de Rumiantes. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Ballaré, C. L., Scopel, A. L., & Sánchez, R. A. (1991). Photocontrol of stem elongation in plant neighbourhoods: effects of photon fluence rate under natural conditions of radiation. *Plant, Cell & Environment*, 14(1), 57-65.
- Bernal, A. R., Macorra, M. Z., & Alvarenga, J. C. L. (2011). ¿Cómo y cuándo realizar un análisis de regresión lineal simple? Aplicación e interpretación. *Dermatología Revista Mexicana*, 55(6), 395-402.
- Calle Wilches, F. (2009). Adaptación y producción del pasto Maralfalfa (*pennisetum violaceum*) en la zona de Jadán 2600 msnm (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- Calzada Marín, J. M. (2015). Análisis de crecimiento y composición química de la materia seca del zacate maralfalfa (*Pennisetum sp.*) (Master's thesis).
- Calzada-Marín, J. E.-Q.-G.-J.-P. (2014). *Análisis de crecimiento del pasto Maralfalfa (Pennisetum sp.) en clima cálido subhúmedo*. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 5(2), 247-260.
- Campos Granados, C.M (2019). Pastos del género *Pennisetum* probados en condiciones para Costa Rica: desempeño real y perspectivas. Escuela de Zootecnia/Centro de Investigación en Nutrición Animal. Universidad de Costa Rica. <http://proleche.com/wp-content/uploads/2019/11/10.-Ing.-Carlos-Campos-Granados.-Pastos-del-g%C3%A9nero-Pennisetum-probados-en-condiciones-para-Costa-Rica.-compressed.pdf>
- Cerdas-Ramírez, R. (2015). Comportamiento productivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) con varias dosis de fertilización nitrogenada. *InterSedes*, 16(33), 124-145.
- Chasipanta, C. A. (2016). *Evaluación de tres frecuencias de defoliación y tres horas de aprovechamiento diario sobre la acumulación de carbohidratos solubles en pasturas*

de Rye Grass Perenne (Lolium perenne) y trébol blanco (Trifolium repens) en época de invierno (fase I) (Bachelor's thesis, Quito: UCE.).

- CHIMBO SHIGUANGO, Clever Fermín. Evaluación de la producción forrajera del pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum* sp) a diferentes edades de corte, en el centro de investigación postgrado y conservación de la biodiversidad Amazónica. [en línea] (Trabajo de titulación), (Ingeniería). Universidad Estatal Amazónica, Pastaza-Ecuador.2014. pp. 19-20. Disponible en: <http://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/handle/123456789/43>
- Correa, H. J. (2006). Calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp) cosechado a dos edades de rebrote. *Livestock Research for Rural Development*, 18(6), 326-335.
- Correa, H. J., Pabón, M. L., & Carulla, J. E. (2008). Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I-Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. *Livestock Research for Rural Development*, 20(4), 59.
- Correa, H., Cerón, J., Arroyave, H., Henao, Y., & López, A. (2004). Pasto Maralfalfa: mitos y realidades. *IV seminario internacional Competitividad en carne y leche. Medellín, Colombia: Cooperativa Colanta*, 231-274.
- Costa, K. A. D. P., Oliveira, I. P. D., Faquin, V., Neves, B. P. D., Rodrigues, C., & Sampaio, F. D. M. T. (2007). Intervalo de corte na produção de massa seca e composição químico- bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5. *Ciência e Agrotecnologia*, 31, 1197-1202.
- Dawson, J. E., & Hatch, S. T. (2002). A world wide web key to the grass genera of Texas. SM Tracy Herbarium, Department of Rangeland Ecology and Management, Texas A&M University.
- Delorenzo, D. (2014). Revisión de libro de pastos y forrajes. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19019/5/2018%20PASTOS%20Y%20FORRAJES%20DEL%20ECUADOR.pdf>
- Ehleringer, JR; Cerling, TE. 2002. C3 and C4 photosynthesis. In Mooney, HA; Canadell, JA (eds.). *The Earth system: biological and ecological dimensions of global environmental change*. Vol. 2. Chichester, United Kingdom, John Wiley & Sons. p. 186-190.
- Fales, S. L. 2007. Factors affecting forage quality. In Barnes, R. F., C. J. Nelson., K. J. Moore, and M. Collins. *Forages the science of garssland agricultura*. 6^a ed. Blackwell publishing. Iowa USA

- Fiallos, G. (2021). La Correlación de Pearson y el proceso de regresión por el Método de Mínimos Cuadrados. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 2491-2509.
- Giraldo-Cañas, D. (2013). *Las gramíneas en Colombia: riqueza, distribución, endemismo, invasión, migración, usos y taxonomías populares*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.
- González, I., Betancourt, M., Fuenmayor, A., & Lugo, M. (2011). Producción y composición química de forrajes de dos especies de pasto Elefante (*Pennisetum* sp.) en el Noroccidente de Venezuela. *Zootecnia tropical*, 29(1), 103-112.
- Hafliger, E., & Scholz, H. (1980). Grass weeds I. Weeds of the subfamily Panicoideae. *Grass weeds I. Weeds of the subfamily Panicoideae*.
- Humphreys, LR. 1991. Tropical pasture utilization. Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press. 220 p.
- Hunt, W. F., & Field, T. R. O. (1978, January). Growth characteristics of perennial ryegrass. In *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* (pp. 104-113).
- Lalinde, J. D. H., Castro, F. E., Rodríguez, J. E., Rangel, J. G. C., Sierra, C. A. T., Torrado, M. K. A., ... & Pirela, V. J. B. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Archivos venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(5), 587-595.
- Lucas, W. J., Groover, A., Lichtenberger, R., Furuta, K., Yadav, S. R., Helariutta, Y., ... Kachroo, P. (2013). The plant vascular system: evolution, development and functions. *Journal of Integrative Plant Biology*, 55(4), 294-388. doi: 10.1111/jipb.12041
- Madera, N. B., Ortiz, B., Bacab, H. M., & Magaña, H. (2013). Influencia de la edad de corte del pasto morado (*Pennisetum purpureum*) en la producción y digestibilidad in vitro de la materia seca. *Avances en investigación Agropecuaria*, 17(2), 41-52.
- Maldonado-Peralta, M. D. L. Á., Rojas-García, A. R., Sánchez-Santillán, P., Bottini-Luzardo, M. B., Torres-Salado, N., Ventura-Ríos, J., ... & Luna-Guerrero, M. J. (2019). Análisis de crecimiento del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) en el trópico seco. *Agro Productividad*, 12(8).
- Maldonado, M. e. (2019). *Análisis de crecimiento del pasto Cuba OM-22*. Agro Productividad, 12(8). <https://doi.org/10.32854/AGROP.V0I0,1445>.
- Márquez F., Sánchez J., Urbano D., Dávila C., 2007. Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*).

1. Rendimiento y contenido de proteína. Disponible en: <http://bioline.org.br/request?zt07038>
- Martínez, D., & Leiva, K. (2019). *Efecto del biol sobre la producción de biomasa y calidad del pasto Maralfalfa (Pennisetum sp), en un segundo rebrote, Centro Experimental El Plantel, 2018* (Doctoral dissertation, Tesis de Ingeniero Agrónomo. Managua: Univ. Nacional Agraria).
- Martínez, R. O., Herrera, R. S., & Tuer, R. (2009). Hierba elefante. Variedades Cuba CT-115, Cuba CT-169 y Cuba OM-22 (Pennisetum Sp). *Revista ACP. Asociación Cubana de Producción Animal*.
- Martínez, R. O., Tuero, R., Torres, V., & Herrera, R. S. (2010). Modelos de acumulación de biomasa y calidad en las variedades de hierba elefante, Cuba CT-169, OM-22 y king grass durante la estación lluviosa en el occidente de Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 44(2), 189-193.
- Meléndez, J. L., Giraudy, G. I., & Cruz, O. I. (2000). *Pennisetum purpureum* cv. CRA-265 en condiciones de secano. Parámetros agronómicos y valor nutritivo. *Revista de Producción Animal*, 12(1), 33-36.
- MERTENS, D. (1987). *Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. J. Animal Sci.* 64:1548-1558.
- Molina Portilla, A. (2021). Nivel de sustitución de la alfalfa (*Medicago sativa*) por forraje Cuba OM 22 (*P. purpureum* Cuba CT-169 x *P. glaucum*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) machos en la etapa de recría II.
- Molina, S. (2005). Evaluación agronómica y bromatológica del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) cultivado en el Valle del Sinú. *Rev. Fac. Nac. Agron. Colombia*, 58(1), 39.
- Moore, K. J., Lenssen, A. W., & Fales, S. L. (2020). Factors affecting forage quality. *Forages: The science of grassland agriculture*, 2, 701-717.
- Navichoc, J. C. M. (2013). Evaluación De Cuatro Edades De Corte En El Rendimiento de materia seca Y contenido De proteína cruda del cultivo De Maralfalfa (*Pennisetum sp.* Poales; Poaceae) en Patulul, Suchitepéquez.
- Pezo Quevedo, D. A. (2018). Los pastos mejorados: su rol, usos y contribuciones a los sistemas ganaderos frente al cambio climático. *Serie Técnica. Boletín Técnico*.
- PINTO, K. (2006). Evaluación agronómica, descripción bromatológica y energética del pasto *Pennisetum purpureum* variedad Maralfalfa a Diferentes Edades de Cortes, en una Zona de Vida de Bosque Seco Tropical, Moroturo Municipio Urdaneta, Estado Lara. Tesis Agronomía de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Venezuela.

- Ramírez-Morales, I., Mazon-Olivo, B., & Pan, A. (2018). Análisis de Datos Agropecuarios. *Universidad Técnica de Machala*, 12-44.
- Ramírez, J. e. (2008). *Rendimiento y caracterización química del Pennisetum Cuba CT 169 en un suelo pluvisol*. 10 (2).
- Rienzo, D., Casanoves, J. A., Gonzalez, F., Tablada, L. A., Margot Díaz, E., Robledo, M. D.
- Rincón, S. P., Gutiérrez, L. A. M., Espinoza, E., & Alfonso, E. D. A. (2021). Morfología y Rendimiento De Materia Seca De Cuba OM22 Y Clon 51 En Suelo Arenoso. *INNOVACIÓN EN DESARROLLO PRODUCTIVO*, 31.
- Rodríguez DR. (2014). Pasto Maralfalfa. Establecimiento, manejo y aprovechamiento en ganado caprino. México, DF. 15 P. recuperado de <https://icamex.edomex.gob.mx/sites/icamex.edomex.gob.mx/files/files/publicaciones/2014/pasto%20maralfalfa.pdf>
- Rodriguez, L. T. (2011). *Models for estimate the dynmic growth of Pennisetum purpureum cv.Cuba CT-169*. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 45(4), 349-353.
- Ruiz, C. R. (2016). *Establecimiento y respuesta a la frecuencia de corte de maralfalfa (Pennisetum sp.) vs. Camerun (Pennisetum purpuerum Schum. cv. Cameroon) en el distrito de Contamaná, provincia de Ucayali, Loreto* (Doctoral dissertation, Tesis de licenciatura de Ingeniero Zootecnista. Lima, Perú).
- Sánchez, J. (2007). *Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero*. Venezuela.
- Suárez Ramos, C. A. (2016). Evaluación agronómica y nutricional del pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) a partir de diferentes biofertilizantes en la finca los robles de la fundación universitaria de Popayán.
- Uvidia, H., Ramírez, J., Vargas, J., Leonard, I., & Sucoshañay, J. (2015). Rendimiento y calidad del *Pennisetum purpureum* vc Maralfalfa en la Amazonía ecuatoriana. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 16(6), 1-11.
- Valarezo, J., & Ochoa, D. (2013). Rendimiento y valoración nutritiva de especies forrajeras arbustivas establecidas en bancos de proteína, en el sur de la Amazonía ecuatoriana. *Revista Cedamaz*, 3(1), 113-124.
- Valentine, I., & Matthew, C. (1999). Plant growth, development and yield. *New Zealand pasture and crop science*, 11-27.
- Villarreal, M. (1994). Valor nutritivo de gramíneas y leguminosas forrajeras en San Carlos, Costa Rica. *Pasturas Tropicales*, 16(1), 27-31.

VIVAS-QUILA, N. J., CRIOLLO-DORADO, M. Z., & CEDEÑO-GÓMEZ, M. C. (2019).
FREQUÊNCIA DE CORTE CAPIM NAPIER *Pennisetum purpureum* Schumach.
Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 17(1), 45-55.

11. Anexos

Anexo 1. Certificado de idioma inglés

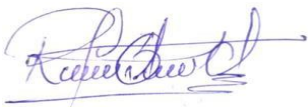
Loja, 17 de octubre de 2023

Yo, **RUTH ENITH GUAYANAY CHINCHAY**, con cédula de identidad. **1104796261**; Licenciada en Ciencias de la Educación Mención Idioma Inglés, graduada de la Universidad Nacional de Loja, con registros de la Senescyt 1008-15-1434271 respectivamente, certifico:

Que tengo el conocimiento del idioma inglés FCE B2, y que la traducción del resumen del trabajo de titulación: “Relación entre las características de crecimiento y la composición bromatológica de los pastos Maralfalfa (*Pennisetum spp*) y Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) en la estación experimental El Padmi de la Universidad Nacional de Loja”, cuya autoría del Sr. **CELSO DAVID CABRERA SALINAS**, con cédula de identidad **1105889594**, es verdadero a mi mejor saber y entender.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, faculto al interesado hacer uso legal del presente para lo que estime conveniente.

Atentamente,



Lic. Ruth Enith Guaynay Chinchay

EFL TEACHER