

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

CENTRO DE POSTGRADO



MAESTRÍA EN AGROPECUARIA

“Validación de dos metodologías de predicción en la ecuación del Rising Plate
Meter en mezclas forrajeras”

Trabajo de titulación previa la obtención del

Título de Magister en Agropecuaria

Autor: Ing. Lima Martínez Hans Hernán

Tutor: Ing. Batallas Carlos, MSc.

Tulcán, 2023

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el maestrante Lima Martínez Hans Hernán con el número de cédula 0401482146 ha elaborado el trabajo de titulación: “Validación de dos metodologías de predicción en la ecuación del Rising Plate Meter en mezclas forrajeras”.

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Titulación de Postgrado con RESOLUCIÓN N° 150-CSUP- 2020, por lo tanto, autorizo su presentación para la sustentación respectiva

f.....

Batallas Carlos, MSc

DOCENTE EXAMINADOR TUTOR

Tulcán, enero del 2023

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye un requisito previo para la obtención del título de Magister en Sistemas de Producción de Rumiantes.

Yo, Lima Martínez Hans Hernán con cédula de identidad número 0401482146 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

f.....

Lima Martínez Hans Hernán

AUTOR

Tulcán, enero del 2023

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Lima Martínez Hans Hernán declaro ser autor/a de los criterios emitidos en el trabajo de titulación: “Validación de dos metodologías de predicción en la ecuación del Rising Plate Meter en mezclas forrajeras” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

f.....

Lima Martínez Hans Hernán

AUTOR

Tulcán, enero del 2023

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme mejorar y adquirir cada día nuevos conocimientos para aportar a la sociedad a través de mi trabajo.

A mi Esposa Dagmar e Hija Fátima, por ser mi pilar y mí soporte cada día.

A mis padres y hermanos por las palabras de ánimo en esta etapa de mi vida.

A mis colegas Andrés y Edison por el apoyo a lo largo de la elaboración de este trabajo de titulación.

A mi mentor Ing. Carlos Batallas por los conocimientos y el apoyo a lo largo de todo mi proceso de formación.

DEDICATORIA

A mis dos Ángeles en el Cielo; Janethcita y Hansito.

Y a mis dos amores Dagmar y Fátima.

ÍNDICE

AUTORÍA DE TRABAJO	iv
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE	viii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. PROBLEMA	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1.2. Formulación del problema	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	7
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	10
2.1. Antecedentes	10
2.2. MARCO TEÓRICO	11
2.2.1. Sistemas de Producción	11
2.2.2. Producción de forraje en el Ecuador	12
2.2.3. Recursos Forrajeros	13
2.2.4. Tipo de forrajes en Ecuador	14
2.2.5. Definición de materia seca	15
2.2.6. Medición de la disponibilidad de materia seca en pastoreo	16
2.2.7. Método directo	16
2.2.8. Métodos indirectos	17
2.2.9. Adaptación de las ecuaciones a la realidad de las praderas	19
2.2.10. Determinación de la disponibilidad de Materia Seca con el plato medidor de forraje	20
2.3. MARCO LEGAL	20
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	22
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO	22
3.1.1. Área de estudio	22
3.1.2. Ubicación	22
3.1.3. Características de la zona	22
3.1.4. Situación Geográfica	22
3.1.5. Mezcla forrajera establecida	23
3.2. ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	23

3.2.1.	Enfoque	23
3.2.2.	Tipo de Investigación	24
3.2.2.1.	Investigación de campo y experimental	24
3.3.	DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	24
3.3.1.	Definición de variables	24
3.3.1.1.	Variables Independientes	24
3.3.1.2.	Variables dependientes	24
3.4.	PROCEDIMIENTOS	26
3.4.1.	Método	26
3.4.2.	Análisis Estadístico	26
3.4.2.1.	Correlación y Regresión lineal múltiple	26
3.4.2.2.	Adecuación del modelo	27
3.5.	Técnicas	28
3.6.	Instrumentos de investigación	28
3.6.1.	Manejo específico	28
3.7.	Recursos	29
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		30
4.1.	Resultados	30
4.1.1.	Análisis de los resultados	30
4.2.	Discusión	38
4.2.1.	Análisis de la discusión	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		40
Conclusiones		40
Recomendaciones		40
REFERENCIAS		42
ANEXOS		47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	25
Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las variables materia seca (MS) y altura comprimida consumibles del RPM en la investigación Tulcán – Carchi 2022...	30
Tabla 3. Correlación de Pearson entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida consumibles del RPM en la investigación Tulcán – Carchi 2022...	30
Tabla 4. Resumen del modelo ^b entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida consumibles del RPM en la investigación Tulcán – Carchi 2022...	31
Tabla 5. ANOVA ^a de la relación entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida consumibles del RPM en la investigación Tulcán – Carchi 2022...	31
Tabla 6. Coeficientes para la formación del modelo en la investigación Tulcán – Carchi 2022.....	32
Tabla 7. Resumen consolidado de los modelos b entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida consumibles del RPM, considerando el porcentaje de contaminación, en la investigación Tulcán – Carchi 2022	34
Tabla 8. Estadísticos descriptivos de las variables materia seca (MS) y altura comprimida total del RPM en la investigación Tulcán – Carchi 2022.....	36
Tabla 9. Correlación de Pearson entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida total del RPM en la investigación Tulcán – Carchi 2022.....	36
Tabla 10. Resumen del modelo ^b entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida total del RPM en la investigación Tulcán – Carchi 2022.....	37
Tabla 11. ANOVA ^a de la relación entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida total del RPM en la investigación Tulcán – Carchi 2022.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la hacienda “La Concepción”	23
Figura 2. Análisis gráfico de regresión lineal simple entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida (AC) del RPM consumibles en la investigación Tulcán – Carchi 2022	33
Figura 3. Modelo lineales entre la altura comprimida consumible y la cantidad de materia seca, considerando el porcentaje de contaminación en la investigación Tulcán – Carchi 2022	35
Figura 4. Análisis gráfico de regresión lineal simple entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida (AC) del RPM totales en la investigación Tulcán – Carchi 2022.....	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado o Acta de aprobación del Perfil de Investigación.....	47
Anexo 2. Certificado de aprobación del abstract por parte del Centro de idiomas.	48

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

CENTRO DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN AGROPECUARIA CON MENCIÓN EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE RUMIANTES

“Validación de dos metodologías de predicción en la ecuación del Rising Plate Meter en mezclas forrajeras”

Autor: Ing. Lima Martínez Hans Hernán

Tutor: Ing. Batallas Carlos, MSc.

RESUMEN

Se realizó la validación de dos metodologías de predicción en la ecuación con el equipo Rising Plate Meter (RPM) en mezclas forrajeras de *Ballica perenne* y *Trifolium repens*. Este estudio se realizó en la localidad “La Concepción” de la parroquia Tufiño, cantón Tulcán, provincia del Carchi. La localidad se encuentra a una altitud de 3060 msnm, en un suelo franco. Se tomaron 180 muestras, se dividió el área de muestreo, considerando el porcentaje de malezas (0, 25 y 50 %), en tres etapas fisiológicas (N° de hoja 1, 2, 3). Para el procesamiento de los datos, se utilizó un análisis correlacional y regresión simple, con ayuda del paquete estadístico IBM SPSS Vs. 24. El primer análisis consideró la cantidad de Materia seca (MS – Kg ha⁻¹) y la altura comprimida del RPM (AC – cm); consumibles o método innovador (parte vegetativa sobre los cinco centímetros de la vaina basal), donde resultó una alta correlación (R: 0.912, R² 0.832, R² Aj: 0.831) y significancia estadística (p – valor <0.01) entre las variables (MS Kg ha⁻¹ = 100.294*(AC_{cm}) + 77.504). El segundo análisis consideró el porcentaje de contaminación (malezas), donde se observó la incidencia en la composición botánica y en la relación entre las variables. El tercer análisis consideró la cantidad de Materia seca (MS – Kg ha⁻¹) y la altura comprimida del RPM (AC – cm); totales o método tradicional (parte vegetativa total que incluye la vaina basal), donde resultó una baja correlación (R: 0.220, R² 0.048, R² Aj: 0.043) y alta significancia estadística (p – valor <0.01), por lo tanto, no se consideró para formar un modelo confiable. El modelo innovador, resultó más eficiente y confiable que el modelo tradicional para estimar la cantidad de biomasa. Se debe tomar en cuenta el porcentaje de contaminación en la composición botánica para poder formular un modelo confiable y específico para la zona de estudio, también tener cuidado con el tipo de metodología y variables consideradas para que la estimación del modelo y que esté acorde con la realidad, así como, tomar la mayor cantidad de datos y registros por temporada climática; para ajustar el modelo mensualmente y sea más eficiente al validarlo en campo.

PALABRAS CLAVES: Validación, Metodologías, Predicción, Rising Plate Meter.

ABSTRACT

The validation of two prediction methodologies in the equation with the Rising Plate Meter (RPM) equipment was carried out in forage mixtures of *Lolium perenne* and *Trifolium repens*. This study was carried out in the locality "La Concepción" of Tufiño parish, Tulcán canton, Carchi province. It's located at 3060 meters above sea level of elevation, in a loam soil. A total of 180 samples were taken, the sampling area was divided, considering the percentage of weeds (0, 25 and 50%), in three physiological stages (N° of leaf 1, 2, 3). For data processing, a correlational analysis and simple regression were used, with the help of the IBM SPSS Vs. 24 statistical package. The first analysis considered the amount of dry matter (DM - Kg ha⁻¹) and the compressed height of the RPM (AC - cm); consumables or innovative method (vegetative part over the five centimeters of the basal sheath), which resulted in a high correlation (R: 0.912, R² 0.832, R² Aj: 0.831) and statistical significance (p - value <0.01) between the variables (DM Kg ha⁻¹ = 100.294*(AC_{cm}) + 77.504). The second analysis considered the percentage of contamination (weeds), where the incidence on the botanical composition and the relationship between the variables was observed. The third analysis considered the amount of dry matter (DM - Kg ha⁻¹) and the compressed height of the RPM (AC - cm); total or traditional method (total vegetative part including the basal sheath), which resulted in a low correlation (R: 0.220, R² 0.048, R² Aj: 0.043) and high statistical significance (p - value <0.01), therefore, it was not considered to be a reliable model. The innovative model was more efficient and reliable than the traditional model for estimating the biomass amount. The percentage of contamination in the botanical composition should be taken into account in order to formulate a reliable and specific model for the study area, as well as to be careful with the type of methodology and variables considered for the estimation of the model to be in accordance with reality, and to take as many data and records on each climatic season as possible, in order to adjust the model monthly and make it more efficient when validated in the field.

KEY WORDS: Validation, Methodologies, Prediction, Rising Plate Meter.

INTRODUCCIÓN

La ganadería en el Ecuador depende del pastoreo. De las pasturas viene la gran mayoría de los nutrientes que sostienen la producción bovina nacional. Es de vital importancia desarrollar y fortalecer metodología y conocimiento para proveer a los animales de mayor cantidad y mejor calidad de alimentos; por lo tanto, todo lo que se investigue por mejorar la tecnología de producción de pastos incidirá en forma directa en la producción de cárnicos y lácteos. Por otra parte, los animales criados con los cuidados debidos son más saludables y longevos, lo cual beneficia a la economía del productor. A pesar de la importancia del buen manejo de las pasturas, no se les ha dado ni la importancia ni el manejo adecuado en gran escala, debido a que no se los ha considerado como un verdadero cultivo, razones por las cuales su productividad ha sido baja y su calidad muy deficiente por el desconocimiento del ganadero (León, Bonifaz y Gutiérrez, 2018).

Infestaciones altas de plantas arvenses pueden reducir los rendimientos o causar pérdidas en la calidad nutricional de los pastos y forrajes de interés, así como alterar la estabilidad de la mezcla forrajera; cuando compiten por establecerse. La contaminación de plantas indeseables disminuye la calidad de la mezcla forrajera debido a que generalmente son de menor valor nutritivo, menos palatables y en algunos casos tóxicas para el ganado (Montoya, 2013).

La presente investigación está relacionada con el manejo adecuado que se le debe dar a una pastura para mantenerla en buen estado productivo. El manejo adecuado moderno incluye varios componentes: adecuada fertilización, riego, mediciones de productividad y estrategias de cosecha de precisión. Para que un productor logre obtener el óptimo beneficio de sus pasturas debe entrenarse y comprender el rol de cada componente ya que ninguno por sí solo determinará la alta productividad pastoril. Esta investigación trata de establecer la confiabilidad y facilidad de obtención de las ecuaciones de predicción de acumulación forrajera medidas con un plato forrajero (Rising plate meter) comparando dos metodologías para obtener las ecuaciones. La posibilidad de obtener las ecuaciones de manera simple, rápida y confiable permiten que los productores y técnicos establezcan rutinas de medición para determinar tasas

de acumulación y tasas de crecimiento de las pasturas, y con ellas poder hacer asignaciones controladas de pastura para optimizar porcentajes de cosecha y controlar mejor el consumo de las pasturas por parte del ganado. El poder mejorar la precisión de la alimentación con pasturas afecta positivamente la productividad y la economía del ganadero.

CAPÍTULO I. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial la explotación ganadera se ha visto afectada por la falta de alimento que permitan cubrir los requerimientos nutricionales de los bovinos, especialmente en períodos de estiaje, donde no pueden faltar alternativas forrajeras que permitan mantener los aportes en cantidad y calidad nutritiva para el normal desempeño y producción del animal, viéndose necesario implementar alternativas forrajeras para cubrir los déficits en épocas críticas (FAO org, 2021).

En el Ecuador existen aproximadamente 3,5 millones de hectáreas dedicadas a la producción de leche, siendo la Zona Sierra la de mayor participación con un 75%, continuada por la Amazonia con el 11% y el resto distribuido en las demás zonas del país. Se considera a la producción de leche como la actividad agropecuaria más rentable, especialmente para pequeños y medianos productores: La producción lechera viene de aproximadamente 298 mil productores, con diferentes sistemas de producción, la mayoría convencionales o de pastoreo total y algunos con sistemas estabulados y semiestabulados (Grijalva J., 2011).

En la mayoría de los sistemas de producción la utilización de pasturas cultivadas ha aumentado en los últimos años, existiendo un área total de 723.113 hectáreas, a relación de las pasturas naturales que cubre una superficie de 528.767 hectáreas (Sotelo *et al.*, 2017). Ante lo cual es necesario conocer que cantidad de pasto se produce y que carga animal se puede manejar en el predio. Existen reportes de que en condiciones normales con pasturas mayormente de Kikuyo, el consumo de forraje fresco por unidad bovina esta entre el 10 y 15 % de su peso vivo, mismo que varía por la calidad y tamaño del forraje (Boschini y Pineda, 2016).

Las pasturas que se producen para producción agropecuaria tienen bajos contenidos de materia seca, que varían de acuerdo a la época del año con niveles que oscilan entre los 13 a 16 % y 20 a 26% (Riglos, 2016). La humedad excesiva puede reducir el potencial nutritivo de las pasturas y la capacidad del

animal de consumir nutrientes (CIAT co, 2019); sin embargo, la calidad nutritiva de la materia seca de las pasturas es controlada por otros factores diferentes al contenido de humedad.

En la provincia del Carchi las condiciones climáticas son variables por la temperatura y la disponibilidad de lluvias, especialmente en épocas críticas. Esto puede ocasionar pérdidas en los hatos productivos si no cuentan con fuentes alternativas de alimentación de bajo costo, o con riego para las épocas secas. El manejo deficiente de las pasturas empeora las situaciones de riesgo ya que no estas pasturas son muy frágiles en los períodos de crisis climática. Los excesos de lluvias, así como los períodos de sequía reducen la producción de pastura causándole problemas al productor. Para reducir el impacto de estas situaciones climáticas, se debe manejar las pasturas como cultivos especializados. Los datos recopilados evidencian cargas animales de 0,23 unidades bovinas/Ha (muy bajas) en los predios de 1 a 5 hectáreas, en los cuales también se detecta un alto porcentaje de desperdicio de pastura. Esto sucede porque los productores no conocen mecanismos de manejo que permitan determinar la cantidad de forraje disponible y mejorar la cosecha con los animales (León *et al.*, 2018).

Herramientas prácticas de campo apoyadas con la capacitación adecuada permitirán que los productores manejen mejor sus pasturas y controlen la oferta real de forraje, logrando mejor utilización de la oferta forrajera en las diferentes épocas del año, y mayor carga animal durante todo el año.

1.1.2. Formulación del problema

La falta de mecanismos para calcular la acumulación de materia seca en mezclas forrajeras y la aplicación de métodos directos e imprecisos, ocasiona sobrecarga animal y desperdicio de alimento especialmente en épocas críticas.

1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN O HIPÓTESIS

1.2.1. Hipótesis o idea defender

1.2.1.1. Alternativa (HA)

HA: La predicción de la acumulación de materia seca perenne, es similar entre el método convencional y el método innovador; en la mezcla forrajera establecida.

1.2.1.2. Nula (H0)

H0: La predicción de la acumulación de materia seca perenne, no es similar entre el método convencional y el método innovador; en la mezcla forrajera establecida.

1.2.2. Preguntas de la investigación

¿Cuál es el objetivo de establecer una ecuación de predicción?

¿Por qué es necesario estimar la acumulación de materia seca en pastos en predios ganaderos?

¿Cuáles son las características de la metodología convencional de la región a evaluar?

¿Cómo se comporta la ecuación de predicción con la metodología convencional?

¿Cuáles son las características de la metodología innovadora?

¿Cómo se comporta la ecuación de predicción con la metodología innovadora?

¿Cuáles son las mezclas forrajeras más usuales de la región a evaluar?

¿Es necesario diferenciar la mezcla forrajera para el comportamiento de la ecuación?

¿Cuál metodología predice con mayor precisión la acumulación de materia seca en mezclas forrajeras?

1.2.3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.2.4. Objetivo general

Obtener ecuaciones de predicción del equipo “Rising Plate Meter”, usando dos metodologías en diferentes composiciones de mezclas forrajeras.

1.2.5. Objetivos específicos

- Establecer la ecuación de predicción del Rising Plate Meter con la metodología innovadora.
- Establecer la ecuación de predicción del Rising Plate Meter con la metodología convencional.
- Comparar la predicción de las ecuaciones en ambas metodologías en la acumulación de la materia seca.
- Diferenciar el comportamiento de las ecuaciones en distintas composiciones de la mezcla forrajera.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Una adecuada estimación de la materia seca disponible en mezclas forrajeras, a través de métodos más precisos permite optimizar su uso. Con estas estimaciones se puede controlar la carga animal por hectárea y las asignaciones de alimento para los animales. El control permite una mejor administración de la pastura, especialmente en las épocas críticas cuando la pastura puede ser escasa. La estimación de la materia seca cosechable debe considerarse como un elemento crítico en la utilización eficiente del forraje disponible.

La capacidad de estimar la cantidad de materia seca acumulada en una pastura permite realizar cálculos para medir su desempeño, establecido por su tasa de crecimiento. Por medio de esta podemos identificar el impacto (positivo o negativo) que ejercen sobre la pastura los factores ambientales y de manejo. Se puede medir de manera confiable los cambios causados por las variaciones de la temperatura ambiental, provisión (excesiva, adecuada o insuficiente) de agua, provisión adecuada (o falta de) nutrientes minerales (fertilizantes), los cambios en la estructura del suelo (compactación), presencia de enfermedades o insectos, deficiente manejo del residual, cambios en la composición vegetal por la penetración de especies indeseables, o simplemente por deterioro natural de la pastura. De igual manera, puede identificarse la disponibilidad de excedentes de pastura para guardar o asignar a otros animales. La utilización del RPM Rising Plate Meter es una de las herramientas más prácticas y confiables para estimar la acumulación de materia seca en las pasturas (Grijalva *et al.*, 1995).

El conocer mecanismos de predicción de producción de materia seca en las praderas es de suma importancia a la hora de producir tanto carne y leche, porque permite reducir costos de producción y mejorar y optimizar la alimentación, que corresponde a uno de los rubros que genera más gastos en explotaciones pecuarias con valores que van entre el 60 a 70% (Núñez, 2017).

La utilización del Rising Plate Meter como herramienta para la estimación de materia seca en praderas ha tomado gran importancia en varios países como Colombia, Chile, Uruguay entre otros, por su facilidad de manejo, así como por ser una herramienta precisa y rápida. Esta herramienta puede mejorar de

manera importante la competitividad de quienes la utilizan. La adopción de su uso por parte de productores pequeños, medianos y grandes permitirá incrementar las unidades de bovinos por hectárea, así como la producción de litros por hectárea. Las cargas actuales registradas de 0,21-026 UB/Ha, así como las producciones de 9 litros/Ha/día pueden ser mejoradas de manera significativa mejorando la utilización de la pastura disponible. Esto hará más rentables y eficientes a los productores (Salazar y Cochet, 2016).

La utilización eficiente de las pasturas tendría un efecto sistémico de largo alcance. Los productores que manejen mejor sus pasturas producirán más por hectárea y ganarán más dinero por hectárea. El mejor manejo de pasturas capacita al productor para que maneje pasturas con plantas perennes que duran más años en producción y son más competitivas con otros cultivos. Esto reduce la frecuencia con la que realizan labranzas que deterioran la estructura del suelo y reducen las reservas de materia orgánica del mismo. Esto tiene un impacto directo en la sostenibilidad económica y ambiental de la actividad pecuaria.

Para que los beneficios asociados con la mejor administración forrajera se conviertan en realidad, es indispensable contar con la metodología y las herramientas que faciliten las estimaciones de acumulación de pastura de manera confiable. Varias experiencias utilizando el plato medidor en pasturas mixtas con kikuyo y otras especies han requerido el desarrollo de las ecuaciones necesarias para realizar las estimaciones. Aunque se han publicado varias ecuaciones, su confiabilidad es baja puesto que la presencia de kikuyo en las pasturas acumula una cantidad muy alta de biomasa en los perfiles bajos de la misma; e interfiere con las mediciones cuando forma un colchón compacto sobre el suelo. Es necesario desarrollar una metodología que permita realizar ecuaciones y mediciones confiables en pasturas mixtas, que sea aplicable y fácil desarrollar para muchos tipos de pasturas con diferentes grados de contaminación con kikuyo.

La presente investigación se realizará dentro del campo de conocimiento de la línea de investigación, "Producción Agropecuaria Sustentable", establecida por la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, que contribuirá al desarrollo

sustentable del país y al desarrollo de los sistemas de producción local y nacional.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Antecedentes

Estudios realizados a partir de 1989, aun son de alta relevancia por las tecnologías y metodologías desarrolladas para la estimación de materia seca con el Rising Plate Meter (RPM).

Laca, *et al.* (2000) en un estudio realizado en California sobre “Comparación de los métodos de estimación de peso y medición de placa ascendente para medir la masa herbácea de una pradera de montaña”, donde se tuvo como objetivo estimar el peso seco del pasto en praderas de una montaña dedicada a la producción de ganado y ciervos donde se realizaba pastoreo continuo y mixto de estas dos especies, se realizaron dos métodos de muestreo. El primero correspondiente a una estimación ocular de la hierba y el segundo con la utilización del equipo Rising Plate Meter. Se obtuvieron datos en 100 parcelas con diferentes vegetaciones y en ocho fechas, para calibrar el equipo y comparar los datos finales obtenidos, dentro de los resultados se obtuvo que por método ocular se estimó la acumulación de materia seca en un valor de 653 kg de materia seca por hectárea, a comparación del método del Rising Plate Meter en el cual se obtuvo un valor de 846 kg de materia seca por hectárea. Se concluyó que el segundo método es 24% más efectivo, aunque el método ocular es de menor costo por lectura comparado con la utilización del RPM. La medición con el RPM fue más precisa al comparar los R^2 obtenidos comparando los dos métodos. El visual fue de 0,72 vs 0,84 del RPM (p. 71 – 75)

Romanos (1989) en un estudio realizado en México, donde se realizó la “Evaluación de un instrumento para estimar la producción de forraje en praderas de Rye Grass anual”, en praderas cultivadas a diferentes densidades de siembra y fertilizaciones, donde se evaluaron dos criterios para la metodología; la primera la altura donde se debe soltar el plato y segunda la altura de las plantas. Se determinó que la densidad de siembra y la fertilización no son datos relevantes para la calibración del RPM, al igual que el dato variable como es la altura de la planta que no afecta el ajuste del equipo. Los datos tomados al soltar el RPM a una altura constante generaron datos confiables y una calibración adecuada del

equipo tomando en referencia dos valores la altura del plato y la producción de materia seca por hectárea. (p. 1 – 41)

Lile, *et al.* (2001) en un estudio realizado en Nueva Zelanda, cuyo objetivo principal fue determinar la precisión del Rising Plate Meter en granjas lecheras para la estimación de masa herbácea, realizó la toma de 50 muestras por potrero por pastoreo durante tres años, para luego analizarlos con un programa estadístico digital y en el que se obtuvo los valores promedio de masa de pasto con un promedio de 1000 a 4000 Kg de materia seca por hectárea, con un valor de R^2 de 0,42. Se concluyó que los resultados con el programa estadístico digital son más reales que el método visual utilizado en el sector, además que resulta más confiable y es una herramienta económica para establecer la acumulación de materia seca. (p. 159 – 164)

Paciullo, *et al.* (2004) en un estudio realizado en Brasil, con el tema “Medidor de placa ascendente y altura de la planta para estimar la masa herbácea en *Cynodon sp. Swards*”, que tuvo como objetivo estimar la masa de forraje antes y después del pastoreo en una mezcla mixta con dos valores la altura de planta y la altura comprimida en el disco, donde se realizaron ecuaciones de regresión con datos referentes a altura de plantas, peso del forraje y radio del disco utilizado, obteniéndose coeficientes de determinación con valores entre 0.70 a 0.87 de altura de planta y valores de 0.58 a 0.70 con relación a la altura comprimida, de igual manera, establecieron bajos coeficientes y ajustes inadecuados a la ecuación en datos para estimar la masa forrajera antes del pastoreo con valores de R^2 0.13 a 0.46 y baja confiabilidad en los datos tomados para estimar la masa de forraje luego del pastoreo. (p. 599 – 601)

Linares y Cárdenas (2013) en un estudio realizado en Colombia, con el tema “Calibración del Rising Plate Meter para estimar la acumulación de materia seca, en el departamento de Cundinamarca”, el objetivo de estudio fue determinar la ecuación de estimación de acumulación de materia seca en praderas compuestas por *Lolium perenne* 30%, *Pennisetum clandestinum* 70%, donde se tomaron alrededor de 1600 muestras y donde se estimó la acumulación de materia seca por el método convencional y el método en estudio, y por medio de regresiones lineales entre la altura comprimida y la acumulación de materia

seca en kilogramos por hectárea se estableció la ecuación: $\text{Kg MS/ha} = 79,7051 * (\text{Altura comprimida cm}) + 319,663$, además se estableció la ecuación con las condiciones climáticas del sector obteniéndose la siguiente: $\text{Kg Ms/ha} = 249,581 + 79,6726 * \text{altura comprimida (cm)} - 0,0783266 * \text{precipitación (mm)} + 4,59347 * \text{temperatura promedio (°C)}$, el R^2 manejado en el estudio fue de 95,30%. (p. 1 – 99)

Moreno, *et al.* (2019) en un estudio en Colombia se realizaron estudios en departamentos como Boyacá, donde, tuvieron como objetivo, obtener la ecuación de regresión lineal para la adecuada calibración del plato forrajero con el fin de predecir la disponibilidad de materia seca por hectárea del forraje perenne Kikuyo en el cual se realizó el muestreo en dos épocas; de lluvias y seca, con la toma de 400 muestras, dichos valores fueron analizados por el método matemático de regresión lineal, relacionando la altura comprimida del forraje y la disponibilidad real de materia seca obtenida mediante corte y posterior secado (%), concluyendo que los valores obtenidos de disponibilidad de fitomasa total se incrementó en 259,42 kg de Materia Seca (MS) y se obtuvo un intercepto de 2978,92; además del R^2 manejado en el estudio fue de 0,78, fórmula que permite utilizar como una alternativa de cálculo de materia en praderas. (p. 52 – 62)

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Sistemas de Producción

Se estima que el 80 al 90% de la producción lechera de los países en desarrollos se produce en sistemas agrícolas en pequeña escala. Estas actividades se basan en un nivel bajo de insumos, por lo que la producción por animal lechero es bastante reducida. La mayoría de la leche producida por los pequeños ganaderos en los países en desarrollo procede de sistemas de producción de diferente tipo (FAO org, 2021)

Entre los sistemas destacados está la producción lechera rural a pequeña escala. La producción de leche a menudo forma parte de un sistema mixto de

producción agrícola y pecuaria en el que se aprovecha el estiércol para la producción de cultivos comerciales. Los animales lecheros se alimentan de hierba, residuos de cultivos y forraje cultivado. No se proporciona alimentación suplementaria más que cuando resulta viable (FAO org, 2021).

Producción lechera en pastoreo/agro-pastoreo: Estos sistemas se basan en la tierra, y la leche a menudo es el producto más importante para la subsistencia. La producción láctea se asocia generalmente al cultivo, pero los pastores nómadas casi no practican la agricultura y se desplazan libremente por la tierra en busca de pastizales y agua (FAO org, 2021).

Producción lechera periurbana sin tierra: Se trata de un sistema de producción orientado completamente al mercado situado en el interior de las ciudades o cerca de ellas. Los productores lecheros periurbanos se benefician de su proximidad a los mercados, pero su producción se basa en insumos comprados y pueden tener problemas de disponibilidad de alimentos y eliminación de desechos. En los últimos decenios, en torno a las grandes ciudades de los países en desarrollo ha crecido muy rápidamente un sector lechero periurbano en respuesta al aumento de la demanda de mercado. La concentración de la producción lechera muy cerca de los centros urbanos puede constituir una amenaza para la salud humana (FAO org, 2021).

2.2.2. Producción de forraje en el Ecuador

En la región húmedo tropical, la mayor parte de la superficie de las UPA's se destina a la producción de forraje, siendo menor el porcentaje (39%) en el estrato de más de 100 ha en los cantones de la Costa, que combinan esta producción con otros cultivos de la zona. En la región húmedo tropical y región seca, en todos los estratos de todos los cantones, la mayor parte de la superficie de las UPA's se destinan para la producción de pasto, notándose porcentajes de entre 42 al 54 en el estrato de 1 a 50 ha, de 5 a 20 ha en Quito (Puerto Quito) e Ibarra y de más de 20 ha en Quito (Pintag). En la región sierra, en el estrato de 1 a 5 ha (excepto en Paute), en el estrato de 5 a 20 ha, la superficie de pasto va desde el 69% hasta el 100%. Se notan porcentajes menores de superficie de pasto en Cuenca (33%), San Pedro de Huaca (42%) y Tulcán (46%), en el estrato de más

de 20 ha en donde el resto de la superficie se dedica a cultivos destinados para la venta y el autoconsumo como la papa y maíz que son a la vez espacios en los que se realiza rotación de cultivos con pasto (León *et al.*, 2018)

2.2.3. Recursos Forrajeros

En las condiciones que imperan en los países en desarrollo, la mala calidad de los alimentos (bajo nivel de digestibilidad y escaso valor nutritivo) es uno de los principales factores que limita la producción láctea. Los animales lecheros se alimentan a menudo con alimentos fibrosos, principalmente residuos de cultivos y pastos de mala calidad, con escaso contenido de nitrógeno, minerales y vitaminas. Los camellos, los pequeños rumiantes, los búfalos de agua, los yaks y los equinos tienen mayor capacidad de aprovechar el forraje de mala calidad que el ganado vacuno. Por ejemplo, se sabe que los búfalos de agua digieren alimentos de mala calidad mejor que el ganado, mientras que los caballos y burros son más eficientes en el reciclaje de la urea (FAO org, 2021).

Los pequeños productores de leche de los países en desarrollo generalmente utilizan los recursos forrajeros disponibles localmente, como los pastos naturales, los residuos de cultivos, la hierba cortada, cultivos forrajeros y alimentos locales (entre ellos subproductos industriales). El pastoreo comunal es una práctica frecuente en todos los países en desarrollo. Los pastizales a menudo no son objeto de prácticas de conservación y tiene escasa calidad nutritiva. El pastoreo sin alimentación suplementaria es una práctica muy difundida en América Latina y algunas regiones de África. En la mayor parte de Asia y el Oriente Próximo, los animales lecheros se alimentan en gran medida con paja de cereales, con o sin suplementos de tortas de semillas oleaginosas y otros subproductos como el salvado (FAO org, 2021).

La introducción de especies forrajeras en los sistemas puede mejorar considerablemente la receptividad de los planteos ganaderos. Las especies que mejor se adapten a estos planteos depende tanto del ambiente al cual se quieran incorporar como del sistema (cría, ciclo completo, invernada) y modelos de producción (extensivo, con suplementación, con engorde a corral). Deben

tenerse en cuenta también los objetivos con que este recurso forrajero se añade a la cadena forrajera (categorías, aumento de peso vivo, carga) (FAO org, 2021).

2.2.4. Tipo de forrajes en Ecuador

El Ecuador es un país muy diverso en cuanto a clima por lo que no existen semillas de especies de pastos que se adapten a todas las zonas, mucho más aún si la mayor parte de ellas dependen de las temperaturas y del tipo de manejo que a estos se les realiza. Los productores utilizan el sistema de pastoreo mediante sogueo, utilizando sogas con una extensión máxima de 2,5 y 3 m de longitud; situación que limita que el animal pueda alimentarse para satisfacer sus requerimientos alimenticios y nutricionales y alcanzar el verdadero potencial lechero. Con este tipo de alimentación la producción está entre el 50 al 60 % de su capacidad (Cárdenas y Garzón, 2011).

Los productores de leche se resisten a cambiar este sistema de pastoreo por lo que se recomienda utilizar sogas de al menos 4 m de longitud, debiendo realizar por lo menos 3 cambios o mudas al día; dependiendo de tipo de animal, edad y clase de pasto.

Según algunas características se clasifican en:

Por la forma de presentación:

- Forraje verde: pasto fresco, pasto “tal como ofrecido en el potrero”.
- Forraje seco: de lastre o seco, generalmente pajas o rastrojos de cosechas (86-88% M.S.).
- Forraje conservado: sometido a algún proceso de conservación en estado fresco (ensilaje), deshidratado (heno) o mixto (henolaje). (82-84% M.S. heno, 50-60% M.S. henolaje).

Por el volumen:

- Forraje voluminoso: gran cantidad de biomasa, generalmente fibroso: maíz forrajero, king grass, heno, ensilaje.

- Forraje concentrado: gran cantidad de nutrientes en poco volumen (menos de 18% de fibra bruta), indica que pueden subdividirse en: Concentrados energéticos (menos de 20% de proteína bruta) como cebada, maíz, sorgo, trigo, avena y los subproductos de su industrialización (afrechos, moyuelo, etc.). Concentrados proteicos (más de 20% de proteína bruta) harina de alfalfa, tortas de fabricación de aceites (maní, soya, girasol, algodón) (León *et al.*, 2018).

2.2.5. Definición de materia seca

El contenido de materia seca (MS) del forraje es la resultante de la extracción del agua que contienen las plantas al estado fresco o verde. Esta labor se realiza habitualmente en laboratorios especializados, donde se utilizan hornos de ventilación forzada a temperaturas de 60 a 105°C por 24 a 48 horas o por el tiempo requerido para que la muestra obtenga un peso constante. Este proceso es lento, pero asegura que no se altera la composición nutricional del forraje. La expresión de este parámetro se realiza en forma proporcional; es decir, como porcentaje del forraje fresco total cosechado (Heguy y Mendicino, 2017).

Diferente es el caso de los forrajes conservados que tienen una mayor concentración de materia seca, como resultado del proceso natural de envejecimiento vegetal y de las diferentes labores realizadas en el proceso de conservación, lo cual disminuye la cantidad de agua contenida en la vegetación. Un ensilaje de pradera de corte directo que no ha sido sometido a premarchitamiento contiene 22% de materia seca, donde el 78% restante es agua. En el caso de un ensilaje premarchito, el forraje cortado se mantiene en el potrero entre 6 y 24 horas, dependiendo del clima y la maquinaria utilizada, con el fin de reducir el contenido de agua previo a su almacenamiento o alimentación. El producto final contiene un 32% de materia seca y solamente un 68% de agua. El heno es el forraje conservado que posee mayor concentración de materia seca, ya que el proceso de deshidratación en el potrero se prolonga, hasta alcanzar alrededor de un 90% de materia seca y sólo un 10% de humedad. Las diferencias en el contenido de materia seca de los alimentos determinan el

volumen y la concentración de nutrientes del forraje fresco consumido por los animales (Canseco *et al.*, 2007).

2.2.6. Medición de la disponibilidad de materia seca en pastoreo

La determinación de la cantidad de forraje disponible es una práctica que presenta grandes dificultades, debido a que las praderas manejadas en pastoreo presentan una gran variabilidad dentro del potrero, entre los potreros y entre distintas áreas en el tiempo. Esta dificultad, tanto física como técnica ha llevado a desarrollar diversas técnicas de evaluación de las praderas. El método para estimar la disponibilidad de materia seca en pastoreo debiera ser lo más rápido y confiable posible, considerando que el manejo de pastoreo es un sistema dinámico, donde es necesario contar con la información inmediata para una rápida toma de decisiones. La disponibilidad de forraje de la pradera puede estimarse por métodos directos e indirectos o por una combinación de ambos (De la Roza *et al.*, 2002).

La posibilidad de hacer estimaciones precisas del contenido de MS de una pradera presenta varios desafíos por la naturaleza de las praderas: la composición de las praderas (especies), el contenido de MS de las plantas, la fertilidad variable dentro de cada potrero, la topografía, la cantidad de forraje residual que quedó del pastoreo anterior, los sitios de rechazo de forraje pastoreado, la condición de las plantas al momento del muestreo. Cada variable va a generar un error en mayor o menor medida y estas variables van a estar presentes en todas las mediciones independientemente del sistema de medición que se utilice. La posibilidad de obtener mediciones más certeras y confiables va a depender de que la metodología a usarse reduzca los errores. Una de las herramientas más poderosas para reducir el margen de error es el número de muestras a tomarse en cada medida, y el contar con varias herramientas metodológicas de manejo que ayuden a reducir el error.

2.2.7. Método directo

Evaluación por corte: El cálculo de la disponibilidad de forraje mediante el método del corte y deshidratación es el procedimiento más exacto y objetivo en

espacios pequeños. Sin embargo, tiene la desventaja de que la extrapolación a áreas más grandes genera un error inversamente proporcional al número de muestras. A mayor área y menos muestras, mayor error. Además, se requiere de mayor tiempo tanto en el potrero como en el laboratorio, por lo cual es poco práctico para los objetivos de los productores (De la Roza *et al.*, 2002).

En forma general, el método del corte es de gran utilidad en trabajos de investigación, porque permite comparar la cantidad real de materia seca con algún método de medición indirecto o no destructivo, de modo tal que, al obtener alta correlación entre ambos métodos, es posible utilizar sólo los métodos de estimación indirectos que son de menor costo y de fácil aplicación. Los métodos indirectos permiten tomar un mayor número de submuestras en menor tiempo, logrando captar en mejor forma la variabilidad de la pradera y convirtiéndolos en una metodología práctica y viable (De la Roza *et al.*, 2002).

Una manera de estimar la acumulación de material vegetal en un periodo de tiempo es excluyendo del pastoreo una pequeña superficie de la pradera, con el fin de medir la biomasa disponible antes (disponibilidad de ingreso) y después (disponibilidad residual) del pastoreo. Comúnmente, se utilizan jaulas de exclusión para medir los rangos de acumulación de forraje durante la permanencia de los animales en la pradera (esta metodología también adolece de los incrementos del error con relación al número de muestras y el área representada) (De la Roza *et al.*, 2002).

2.2.8. Métodos indirectos

Las técnicas de muestreo indirectas o no destructivas se basan en la relación de atributos vegetativos (altura, densidad) y no vegetativos con el forraje disponible. Los métodos indirectos permiten realizar múltiples mediciones en poco tiempo, son de gran utilidad para determinar el momento de iniciar y finalizar el pastoreo. Estos métodos también son útiles cuando se debe decidir el inicio del rezago de la pradera para conservación (Canseco, *et al.* 2007).

Estimación visual: Este método consiste en la simple determinación visual de la cantidad de forraje disponible en un área determinada. La estimación visual

implica un detallado recorrido de la pradera, para observar su variabilidad como consecuencia del manejo con animales. La ventaja de la estimación visual es que las mediciones son realizadas con rapidez y sin ningún equipamiento especial. La exactitud de este método depende exclusivamente de la experiencia del estimador, y lo más recomendable es que sea una persona entrenada para asegurar una buena predicción de la disponibilidad de materia seca. Cualquier persona puede desarrollar la habilidad de la estimación visual, para lo cual se necesita un tiempo de entrenamiento y realizar suficientes comparaciones y calibraciones con un método de estimación directa (Canseco, *et al.* 2007).

Altura comprimida: La altura comprimida se mide mediante un plato medidor de forraje, el cual puede ser de diferentes materiales, desde platos de acrílico o de plástico hasta metálicos. También existen de diferentes diseños, tamaños, peso y área. Este instrumento permite registrar la altura comprimida de la pradera que está en función de la altura y de la densidad del follaje, esta última a su vez varía en función de la cobertura y del estado fisiológico de la pradera. Al existir mayor densidad de plantas mayor es la oposición de la pradera al peso del disco, como también praderas en estado reproductivo o vegetación más lignificada ofrecen mayor resistencia al peso del plato. Por estas razones, la correlación entre la altura comprimida de la pradera y la disponibilidad de materia seca es mucho más certera cuando la pradera está en estado vegetativo (Laca *et al.*, 2000).

Independiente del tipo de plato medidor, se necesita un adecuado proceso de calibración para obtener una ecuación lineal ($y = ax + b$) que transforme satisfactoriamente la altura comprimida del plato a cantidad de forraje acumulada (kg MS/ha). Se debe tener presente que no existe una relación universal entre la altura comprimida y la disponibilidad, ya que esta puede variar según el tipo de pradera, la cobertura, la época del año o entre condición de pre y post pastoreo. Por lo tanto, la calibración se debe realizar bajo las condiciones locales de uso (Laca *et al.*, 2000).

Capacitancia electrónica: Esta técnica estima la disponibilidad de forraje a través de la conductividad eléctrica que produce un capacitómetro electrónico sobre la pradera. El capacitómetro consiste básicamente en un tubo de aluminio

que envía una frecuencia eléctrica a través del forraje desde un generador, el que produce un campo electrónico alrededor del tubo que se extiende cerca de 100 mm de radio por 400 mm de alto, y una vez que es influenciada por el forraje la frecuencia decrece.

De esta forma cuando la cantidad de forraje medido es mayor, la capacitancia se incrementa, la frecuencia recibida internamente por el instrumento decrece, incrementándose el CMR. A su vez, el bastón posee un microprocesador que convierte en forma automática el CMR a forraje estimado en kg de materia seca, usando una ecuación previamente seleccionada. Este es un método no destructivo ya que cuantifica en forma indirecta la disponibilidad de materia seca de la pradera (Canseco, *et al.* 2007).

2.2.9. Adaptación de las ecuaciones a la realidad de las praderas

Los instrumentos de medición indirecta de disponibilidad de materia seca en praderas permanentes (“Rising Plate Meter” y “Grass master”), son cada vez más frecuentemente usados en los predios ganaderos de la región sur del país con el objetivo de sistematizar, controlar y aumentar la eficiencia de utilización del forraje en los sistemas pastoriles.

Las ecuaciones estándar que tienen estos instrumentos fueron obtenidas en sus países de origen. Por lo tanto, es importante generar ecuaciones calculadas bajo las condiciones locales de composición y manejo de las praderas, permitiendo una mejor predicción del rendimiento que al utilizar las ecuaciones extranjeras.

El proceso desarrollado para la obtención de una ecuación que transforme satisfactoriamente la medición de estos instrumentos en kilogramos de materia seca es lo que denominamos calibración. Para la calibración se debe hacer un doble muestreo, comparando la disponibilidad real (corte y pesaje del material vegetal) y la medición con el instrumento, datos que se ajustan a una ecuación lineal.

2.2.10. Determinación de la disponibilidad de Materia Seca con el plato medidor de forraje

Para proceder a la medición con el plato es necesario seguir los siguientes pasos:

- Dejar el contador del plato en cero ($n=0000$) y registrar el número inicial ($X1=valor$) que se muestra al comenzar las mediciones con el plato.
- Para realizar una buena estimación de la cantidad de forraje disponible, la medición se debe realizar en forma de zig-zag y totalmente al azar, tomando suficientes puntos para cubrir toda el área a pastorear.
- Al terminar el recorrido se registra el número de veces que se midió ($n=50$) y el número final ($X2=valor$) indicado en el plato.
- Con los datos obtenidos en terreno se calcula la altura comprimida promedio medida con el plato para el sector de la pradera a pastorear: $(X2-X1) / n = Valor X$ de la Ecuación.
- Para calcular la disponibilidad de materia seca de una pradera permanente antes y después del pastoreo, se utiliza la ecuación de transformación que corresponde a la estación del año sea época seca o de lluvias en que se realizan las respectivas mediciones.

2.3. MARCO LEGAL

El marco legal que rige las actividades de las Universidades y Escuelas Politécnicas en el Ecuador y en el cual se encuentra articulado el plan, que se detalla a continuación, en términos de su jerarquía:

- Constitución de la República del Ecuador (2008).
- Ley Orgánica de Educación Superior (2010, última modificación 18-02-2020).
- Reglamento General de la LOES (CES, 2018).

- Reglamento de Régimen Académico (CES, 2020).
- Modelo de evaluación externa de Universidades y Escuelas Politécnicas (no constituye marco legal, pero define el marco de trabajo de las IES en Ecuador) (CACES, 2019)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

3.1.1. Área de estudio

La presente investigación se desarrolló en la Hacienda La Concepción del cantón Tulcán - Carchi.

3.1.2. Ubicación

Está localizada en:

Provincia	Carchi
Cantón	Tulcán
Parroquia	Tufiño

3.1.3. Características de la zona

La Propiedad se encuentra a una altitud de los 3060 msnm. (*Figura 1*). Con un suelo franco, con buena capacidad de retención de agua y rica en materia orgánica, también existen partes cenagosas y con terreno irregular, en las cuales no se puede utilizar maquinaria, estas se destinan a la siembra de árboles nativos de la zona. Presenta una pluviosidad de 1000 mm año⁻¹, con una temperatura mínima de 2 °C y una máxima de 18 °C. La época seca se presenta en los meses de: julio, agosto, septiembre y octubre. En la propiedad existe un canal de agua la cual cruza toda la hacienda, dicha agua nace en el páramo y es utilizada para dar riego al 30% de la propiedad y afrontar la época seca.

3.1.4. Situación Geográfica

NORTE: Río Chico.

SUR: Pequeños productores de San Nicolás, San Miguel De Car.

ESTE: Pequeños productores de San Carlos.

OESTE: Vía San Carlos.

3.1.5. Mezcla forrajera establecida

Kingston (*Ballica perenne*), PGG Seed filial de PGG Wrightson Seeds, NZ

One fifty (*Ballica perenne*), Agricom de NZ,

Trébol blanco (*Trifolium repens L.*)

Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)

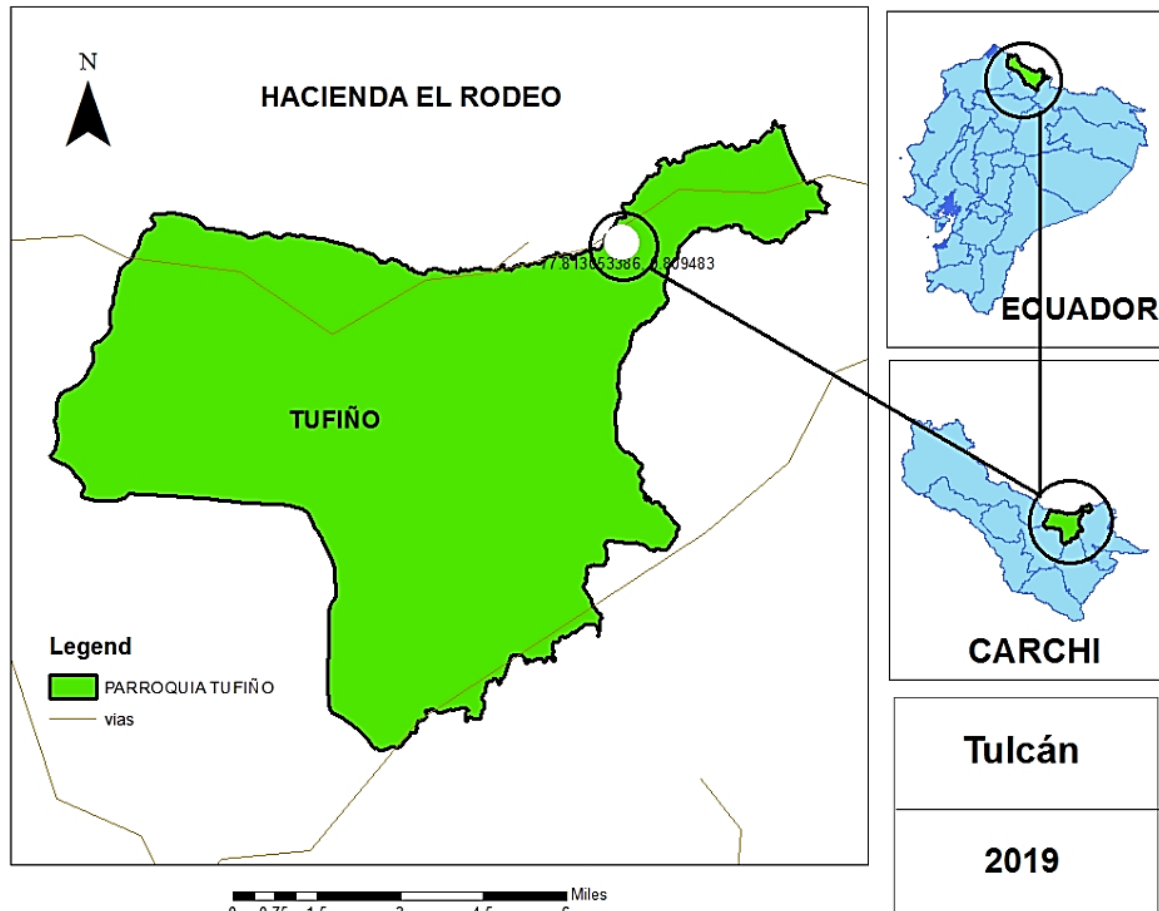


Figura 1. Mapa de la hacienda “La Concepción”

Fuente: MAGAP ec (2019)

3.2. ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Enfoque

La investigación aplicó la modalidad de campo porque se realizó un análisis de los factores que incidieron en la producción de materia seca; de este modo, se buscó obtener una información más detallada de la interacción de dichos factores con la validación de ecuación de calibración del Rising Plate Meter.

El enfoque utilizado en la investigación fue cuantitativo porque las variables a medirse fueron valoradas numéricamente, como son la altura comprimida del

forraje total (método convencional) y la altura comprimida del forraje parcial (método innovador), además de la disponibilidad de la materia seca en kg para cada método, y las relaciones que estos datos presentaron para obtener la fórmula de calibración por regresiones lineales. Otra variable tomada en cuenta fue la composición de la pradera (especies forrajeras y malezas) el mayor error estará presente debido a la contaminación de la pradera con Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) u otras plantas rastreras.

3.2.2. Tipo de Investigación

3.2.2.1. Investigación de campo y experimental

Se utilizó la investigación explicativa ya que determinó si la acumulación de materia seca en praderas, sea por el método convencional o innovador; fueron más precisas.

De igual manera se desarrolló investigación descriptiva al demostrar las metodologías utilizadas en la predicción de materia seca en praderas y la aplicación de las fórmulas para el uso del Rising Plate Meter.

Investigación Correlacional, debido a que el estudio tuvo como propósito conocer la relación que existe utilizando dos metodologías para el cálculo de la altura comprimida total o parcial y la predicción en la acumulación de materia seca a través de ecuaciones de regresión simple.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. Definición de variables

3.3.1.1. Variables Independientes

- Altura comprimida
- Peso de forraje
- Número de plantas por metro cuadrado

3.3.1.2. Variables dependientes

- Contenido de materia seca (MS) por hectárea

La Tabla 1, muestra la operacionalización de variables.

Tabla 1.

Operacionalización de variables

Hipótesis	Variable	Definición conceptual de la variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
La predicción de la acumulación de materia seca perenne, es similar entre el método convencional y el método innovador; en la mezcla forrajera establecida.	Independiente	Consiste en medir la altura comprimida de la pradera en función de la densidad del forraje, esto de acuerdo con la cobertura vegetal y al estado fisiológico de la pastura.	Variables productivas	X1.- Altura comprimida X2.- peso de forraje	Medición y observación	Registro de Tablas de datos Tablas de comparación
	Diferentes composiciones de mezclas de forrajes	Población artificial formada por varias especies con diferentes características tanto morfológicas como fisiológicas, en la que al menos una es de hábito de vida perenne.	Variables fisiológicas	X3.- número de plantas por metro cuadrado		
	Dependiente:	La materia seca es lo que queda cuando el agua es eliminada del alimento	Variables Productivas	Y1.- contenido de MS por hectárea Parámetros de la Ecuación, valor P del análisis de regresión, Coeficiente de determinación (R ²)	Análisis de regresión	Ecuación de regresión lineal simple

3.4. PROCEDIMIENTOS

3.4.1. Método

Los datos fueron tomados en praderas establecidas con mezcla forrajera de trébol, llantén y raigrás, donde se procedió a clasificar las praderas en tres tipos de mezclas en relación a la presencia de maleza que presenten: Mezcla 1: 0 % de maleza, Mezcla 2: 20 a 30 % de maleza y Mezcla 3: mayor al 30 % de malezas, una vez establecidas las mezclas se procedió a colocar al azar el plato para tomar valores referentes a la altura comprimida, misma que se realizó tomando 20 muestras en un área de 2000 m², realizando el pesaje en una báscula de precisión del pasto para obtener los valores de materia verde, posteriormente se realizó una caracterización y clasificación del forraje de acuerdo a las tres mezclas en estudio y finalmente se realizó el secado en estufa a 60 ° C durante 48 horas para determinación de la materia seca.

3.4.2. Análisis Estadístico

3.4.2.1. Correlación y Regresión lineal múltiple

Para el estudio de las variables de interés en la investigación se utilizó:

- Un análisis de correlación para determinar las asociaciones y relaciones entre las variables significativas.
- Una vez determinada las asociaciones y/o relaciones se procedió a realizar pruebas de colinealidad y coeficiente de Durbin – Watson.
- Se utilizó el método de mínimos cuadrados ordinarios, se consideró apropiado ya que el enfoque principal estará en la prueba de hipótesis y la generación de un modelo predictivo.
- Para resumir los hallazgos encontrados, se generó un modelo predictivo de las variables significativas con un diagrama de dispersión, que incluyó la línea de regresión, la ecuación del modelo y el coeficiente de bondad de ajuste R².

El comportamiento de la variable dependiente (Y_i), dependiendo de los resultados, fue explicado por la influencia de dos o más variables independientes (X_i). El modelo de regresión lineal múltiple fue el siguiente:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \dots + \beta_p x_{pi} + \varepsilon_i$$

Donde:

Y_i : Es la variable dependiente.

β_0 : Es el y – intercepto.

$\beta_1, \beta_2, \beta_p$: Parámetros estimados asociados.

p : Diferentes.

X_1, X_2, \dots, X_p : Variables independientes para describir el comportamiento de los datos.

ε_i : Error.

Para este análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS V24 (González, 2008).

3.4.2.2. Adecuación del modelo

Una vez obtenidos los datos se realizó el análisis estadístico para cada metodología a fin de obtener la calibración del Rising Plate Meter, se procedió a realizar el análisis de regresión lineal simple entre la variable altura comprimida del forraje (x_1) y la variable disponibilidad de materia seca real obtenida mediante corte y posterior secado (y).

A los datos obtenidos de las observaciones se les aplicó el análisis de regresión lineal simple relacionando la altura comprimida del forraje (X_1) y la disponibilidad real de materia seca obtenida en el laboratorio (Y) con un coeficiente de determinación o bondad de ajuste (R^2) y un análisis de varianza ANOVA donde se consideró un p – valor $< 0,05$, a fin de establecer si existe una relación estadística significativa entre Kg MS ha^{-1} y altura comprimida (cm).

Para el método tradicional e innovador se consideró las variables independientes (altura comprimida), con la variable dependiente disponibilidad de materia seca por hectárea (Kg MS ha^{-1}); para analizar su efecto en la cantidad de biomasa (Linares y Cárdenas, 2013).

Método Innovador Kg Ms/ha = $X_1 + X_2 * \text{altura comprimida (cm forraje consumido)}$

Método Tradicional Kg Ms/ha = $X_1 + X_2 * \text{altura comprimida (cm a nivel del suelo)}$

3.5. Técnicas

Las variables para evaluar las dos metodologías y sirvieron para aplicar el análisis estadístico de regresión:

Altura sin disturbar: Consistió en medir con una regla o bastón graduado ubicado en forma perpendicular al suelo, desde arriba hacia abajo, tomando como referencia la altura promedio de las hojas que primero hacen contacto con la lengüeta plástica del instrumento.

Número de hojas vivas por macollo: Se contabilizó el número de hojas expandidas por macollo.

Conteo del número de hojas: El conteo del número de hojas se realizó recorriendo el potrero y seleccionando al azar al menos 10 macollos en áreas a evaluar.

Caracterización de mezclas forrajeras: Se identificaron las especies que forman parte de la mezcla forrajera de interés, al igual que las malezas presentes en las muestras.

Porcentaje de materia seca: Se cuantificó mediante método tradicional (estufa) el porcentaje de materia seca en cada tratamiento y en cada corte.

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Manejo específico

Dependiendo de la metodología a aplicar se realizó la toma del forraje verde en el caso convencional a nivel del suelo del área que cubre el plato, mientras que en el caso del método innovador se realizó el corte solo del área que consume el ganado es decir respetando el remanente o residual del forraje. Se tomó en una sola muestra los dos valores una con el método innovador dejando el

recíproco que se determinó en clics (medida del Rising Plate Meter) mientras que en el método convencional se realizó el corte total.

La valoración del método alternativo de medición que incluye la medición solamente del área cosechable y exclusión del residual, se consideró para poder integrar en las ecuaciones lineales el efecto de la biomasa del Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) como maleza principal, en los 5 cm, bajo de la pastura.

3.7. Recursos

Materiales de Campo

- Rising Plate Meter.
- Tijeras.
- Bolsas plásticas herméticas.
- Nevera de icopor
- Pilas refrigerantes.
- Termómetro de temperaturas mínimas y máximas.
- Pluviómetro.
- Letreros
- Libreta de apuntes
- Regla
- Balanza
- Flexómetro
- Materiales de cosecha (fundas plásticas).

Equipos de Oficina

- Computadora
- Impresora
- Flash memory
- Calculadora, cámara digital, lapicero y esfero.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Análisis de los resultados

Una vez analizados los datos, se obtuvieron los siguientes resultados.

Análisis correlacional y regresivo entre la materia seca (MS) y la altura comprimida (cm) del Rising Plate Meter (RPM); consumibles – método innovador:

Tabla 2.

Estadísticos descriptivos de las variables materia seca (MS) y altura comprimida consumibles del RPM en la investigación Tulcán – Carchi 2022.

Variable	Media	DS	N
MS (Kg ha ⁻¹)	1212,22	664,43	360
AC (cm)	11,31	6,04	360

MS: Materia seca, AC: Altura comprimida (RPM), DS: Deviación estándar, N: Número de datos.

De la *Tabla 2*, se puede observar los estadísticos descriptivos del análisis de regresión entre las variables cantidad de MS (Kg ha⁻¹) consumible y altura comprimida (cm) del Rising Plate Meter (RPM).

Tabla 3.

Correlación de Pearson entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida consumibles del RPM en la investigación Tulcán – Carchi 2022.

Descripción	Variables	MS	AC
CP	MS (Kg ha ⁻¹)	1,000	0,912
	AC (cm)	0,912	1,000
SU	MS (Kg ha ⁻¹)	-	0,0000
	AC (cm)	0,0000	-
N	MS	360	360
	AC	360	360

CP: Coeficiente de correlación de Pearson, SU: Significación unilateral, N: Número de datos, MS: Materia seca, AC: Altura comprimida.

De la *Tabla 3*, se puede observar, el nivel de relación entre las variables MS y AC con un coeficiente de correlación de Pearson (CP) de 0,912, que se considera alto.

Tabla 4

Resumen del modelo ^b entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida consumibles del RPM en la investigación Tulcán – Carchi 2022.

M	R	R ²	R ² Aj	E Sd	Estadísticos de cambio					DW
					C – R ²	C – F	GL _N	GL _D	SC – F	
1	0,912 ^a	0,832	0,831	272,781	0,832	1771,92	1	358	0,0000	1,350

a. Predictores: (Constante). AC (cm)

b. Variable dependiente: MS Kg ha⁻¹

M: Modelo, R: Coeficiente de correlación de Pearson, R²: Coeficiente de bondad de ajuste o determinación, R² Aj: Coeficiente de bondad de ajuste o determinación ajustado, E Sd: Error estándar, C – R²: Cambio en R², C – F: Cambio en el valor Fisher, GL_N: Grados de libertad del numerador, GL_D: Grados de libertad del denominador, SC – F: Significancia de cambio en el valor Fisher, DW: Coeficiente de Durbin – Watson.

De la *Tabla 4*, se puede observar el resumen del modelo donde se destaca el, coeficiente de bondad de ajuste de R² y R² Aj de 0.832 y 0.831; respectivamente, que se considera alto, así mismo, el coeficiente de Durbin – Watson que resultó en 1.350, este valor no se encontró dentro del rango (1.5 – 2.5), lo que significa que existe autocorrelación positiva entre los datos, es decir, que los valores tienen dependencia entre ellos o el valor tomado un tiempo después; tiene relación con el anterior, que es razonable, por la metodología de determinación de la cantidad de materia seca y curva de calibración del Rising Plate Meter (RPM).

Tabla 5.

ANOVA ^a de la relación entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida consumibles del RPM en la investigación Tulcán – Carchi 2022.

	M	SC	GL	MC	F cal	p – valor
1	Regresión	131847873,70	1	131847873,70	1771,92	0,0000 ^b
	Residuo	26638643,20	358	74409,62		
	Total	158486516,90	359			

a. Variable dependiente: MS (Kg ha⁻¹)

b. Predictores: (Constante). AC (cm)

M: Modelo, SC: Sumatoria de cuadrados, GL: Grados de libertad, MC: Media cuadrática, F cal: Valor Fisher calculado, p – valor: valor de significancia estadística.

De la *Tabla 5*, se puede observar que el p – valor resultó altamente significativo (p – valor < 0,01), lo que significa que existe alta relación entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida del RPM consumibles; que valida el modelo.

Tabla 6.

Coefficientes para la formación del modelo en la investigación Tulcán – Carchi 2022.

M	CNE		CE	t	Sig.	IC - B 95.0 %		Crr			EC	
	B	E Sd	Beta			Li	Ls	OC	Pc	Pt	T	VIF
C	77,504	30,551		2,537	0,0120	17,423	137,586					
1 AC cm	100,294	2,383	0,912	42,094	0,0000	95,609	104,980	0,91	0,91	0,91	1,00	1,00

a. Variable dependiente: MS Kg ha⁻¹

M: Modelo, B: Valores beta no estandarizado, E Sd: Error estándar, CNE: Coeficientes no estandarizados, Beta: Valores beta estandarizados, CE: Coeficientes estandarizados, t: Valor t, Sig.: Significancia, IC: Intervalo de confianza para B, Li: Límite inferior, Ls: Límite superior, Crr: Correlación, OC: Orden cero, Pc: Parcial, Pt: Parte, EC: Estadísticas de colinealidad, T: Tolerancia, VIF: Valor de inflación de la varianza.

Fuente: Lima (2022)

De la *Tabla 6* y *Figura 2*, se puede observar los coeficientes no estandarizados, los cuales sirvieron para la formación del modelo estadístico, así como la tolerancia de las estadísticas de colinealidad que fueron aceptables y determinan el grado de relación de las variables involucradas; del modelo de regresión. También el factor de inflación de varianza (VIF) es aceptable (VIF entre 1 – 5), que determina una correlación moderada, por lo tanto, no es lo suficientemente considerable; para que requiera atención.

Modelo estadístico lineal simple resultante:

$$y = ax + c$$

Donde:

y: Variable dependiente

c: constante

Modelo resultante:

$$MS_{Kg\ ha^{-1}} = 100.294(AC_{cm}) + 77.504$$

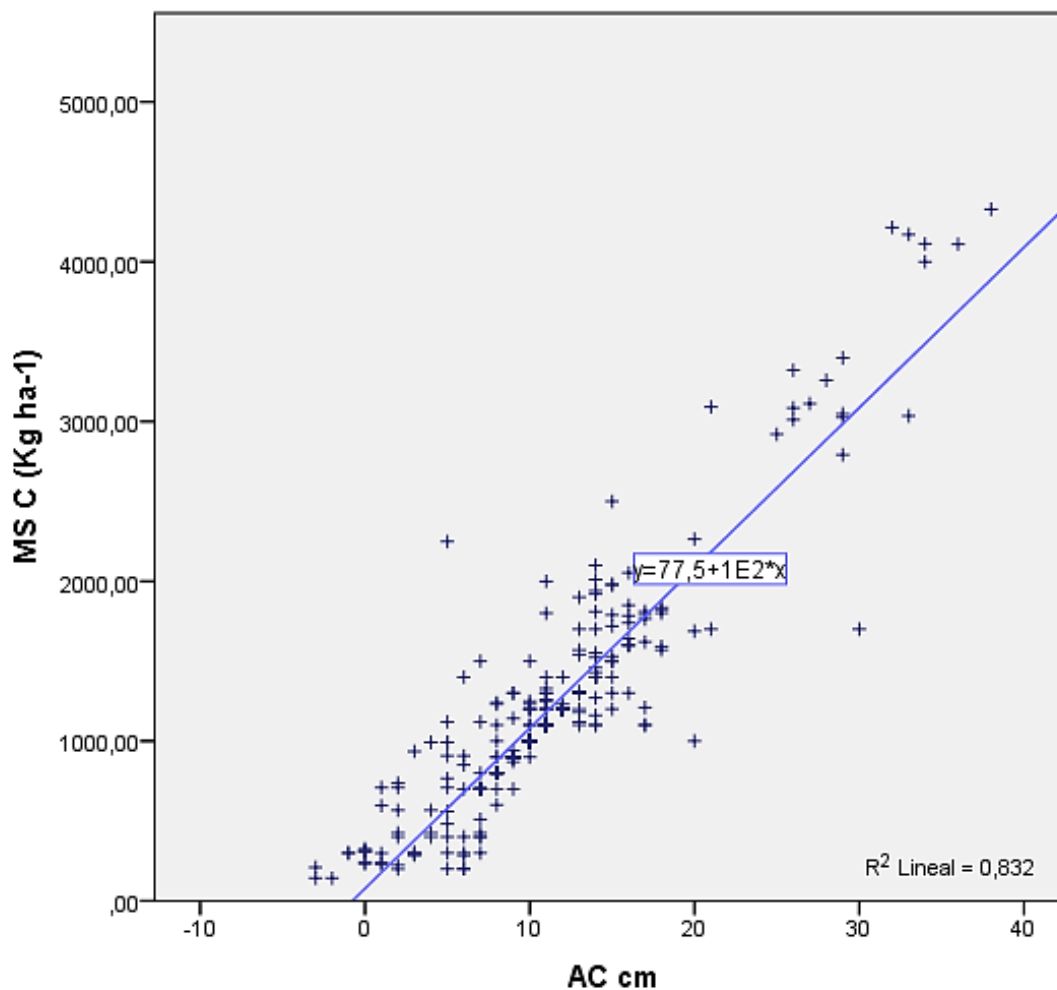
Donde:

MS: Materia seca (Kg ha⁻¹)

AC: Altura comprimida (cm) del RPM

Figura 2.

Análisis gráfico de regresión lineal simple entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida (AC) del RPM consumibles en la investigación Tulcán – Carchi 2022.



Análisis correlacional y regresivo entre la materia seca (MS) y la altura comprimida (cm) del Rising Plate Meter (RPM); consumibles – método innovador, considerando el porcentaje de contaminación:

Se realizó el análisis de los datos de las variables considerando el porcentaje de contaminación o presencia de malezas en las muestras de la composición botánica, donde se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 7.

Resumen consolidado de los modelos ^b entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida consumibles del RPM, considerando el porcentaje de contaminación, en la investigación Tulcán – Carchi 2022.

Ct %	M	R	R ²	R ² Aj	E Sd	Estadísticos de cambio					DW
						C – R ²	C – F	GL _N	GL _D	SC – F	
0	1	0,929 ^a	0,863	0,861	319,129	0,863	740,928	1	118	0,0000	1,400
25	1	0,787 ^a	0,619	0,616	195,374	0,619	191,584	1	118	0,0000	1,069
50	1	0,900 ^a	0,810	0,809	235,628	0,810	504,636	1	118	0,0000	0,962

a. Predictores: (Constante). AC (cm)

b. Variable dependiente: MS Kg ha⁻¹

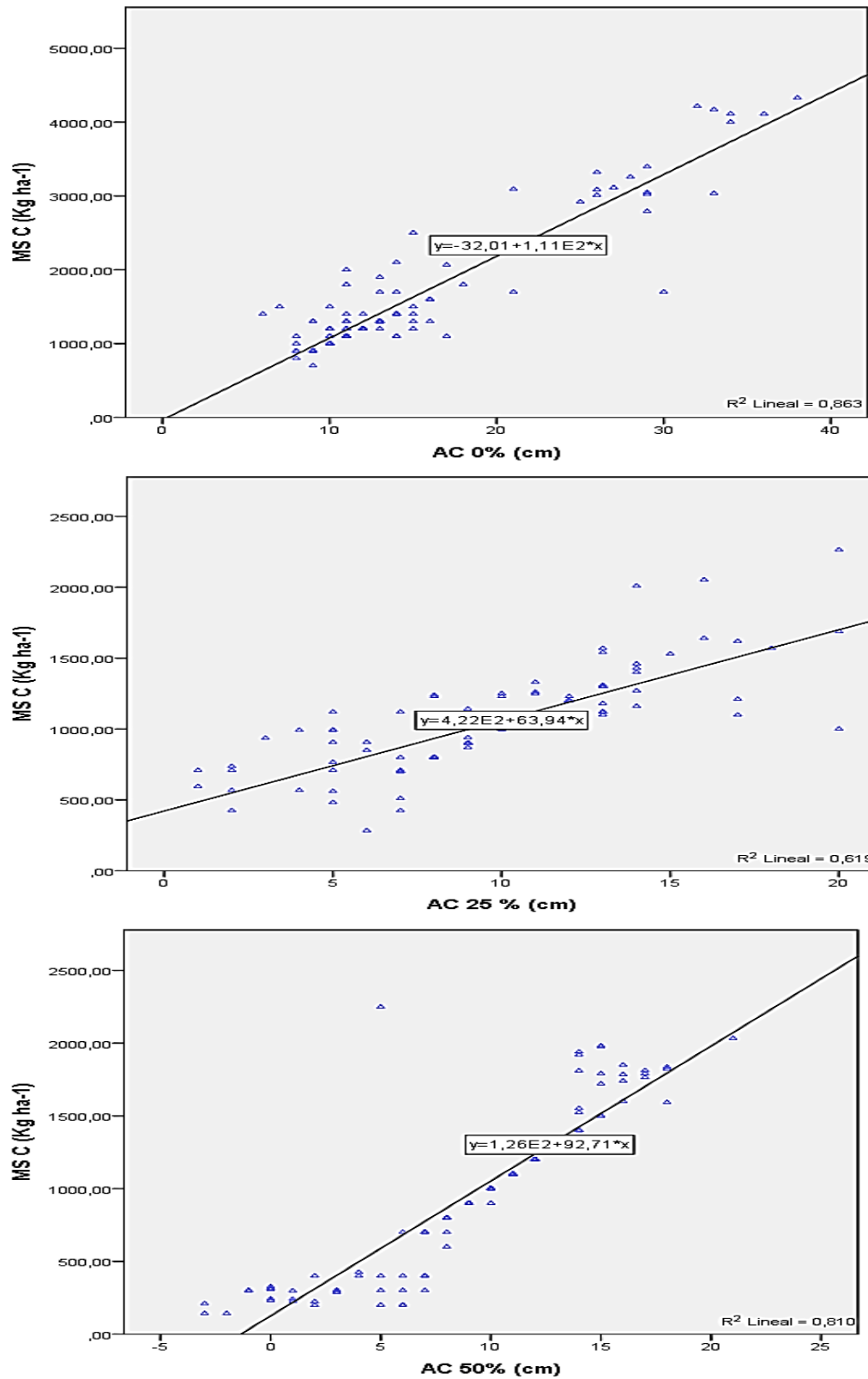
Ct: Contaminación (%), M: Modelo, R: Coeficiente de correlación de Pearson, R²: Coeficiente de bondad de ajuste o determinación, R² Aj: Coeficiente de bondad de ajuste o determinación ajustado, E Sd: Error estándar, C – R²: Cambio en R², C – F: Cambio en el valor Fisher, GL_N: Grados de libertad del numerador, GL_D: Grados de libertad del denominador, SC – F: Significancia de cambio en el valor Fisher, DW: Coeficiente de Durbin – Watson.

De la *Tabla 7*, se observa el efecto del porcentaje de contaminación o maleza de las muestras, en la relación correlacional de las variables, que se presenta en el coeficiente de correlación R y en el coeficiente de bondad de ajuste R² y R² Aj que resultaron aceptables y que varían de acuerdo al porcentaje de contaminación o presencia de malezas, así mismo, se observa en la variación del coeficiente de Durbin – Watson; en el efecto estadístico de autocorrelación (< 1,5 – 2,5), que se comprende por la relación entre los datos.

En la *Figura 3*, se puede observar la relación lineal de las variables, de acuerdo con el porcentaje de contaminación, donde resultaron tres modelos estadísticos; que pueden ser de utilidad en campo; al analizar la composición botánica de la muestra.

Figura 3.

Modelos lineales entre la altura comprimida consumible y la cantidad de materia seca, considerando el porcentaje de contaminación en la investigación Tulcán – Carchi 2022.



Análisis correlacional y regresivo entre la materia seca (MS) y la altura comprimida (cm) del Rising Plate Meter (RPM); total – método tradicional:

Del análisis de los resultados con relación a la metodología tradicional, se obtuvo los siguientes resultados:

En la *Tabla 8*, se puede observar los estadísticos descriptivos del análisis de regresión entre las variables cantidad de MS (Kg ha⁻¹) total y altura comprimida (cm) del Rising Plate Meter (RPM).

Tabla 8.

Estadísticos descriptivos de las variables materia seca (MS) y altura comprimida del total del RPM en la investigación Tulcán – Carchi 2022

Variable	Media	DS	N
MS (Kg ha ⁻¹)	3914,30	1224,82	180
AC (cm)	22,63	8,35	180

En la *Tabla 9*, se puede observar, el nivel de relación entre las variables MS y AC con un coeficiente de correlación de Pearson (CP) de 0,208, que se considera muy bajo.

Tabla 9.

Correlación de Pearson entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida total del RPM en la investigación Tulcán – Carchi 2022.

Descripción	Variables	MS	AC
CP	MS (Kg ha ⁻¹)	1,000	0,220
	AC (cm)	0,220	1,000
SU	MS (Kg ha ⁻¹)	.	0,002
	AC (cm)	0,002	.
N	MS	180	180
	AC	180	180

En la *Tabla 10*, se puede observar el resumen del modelo donde se destaca el, coeficiente de bondad de ajuste de R² y R² Aj de 0,043 y 0,038; respectivamente, que se consideran muy bajos, así mismo, el coeficiente de Durbin – Watson que resultó en 0,746, que es un valor que no se encuentra entre el rango (1,5 – 2,5), lo que significa que existe autocorrelación positiva entre los datos, es decir, que los

valores tienen dependencia entre ellos o el valor tomado un tiempo después; tiene relación con el anterior, que es razonable, por la metodología de determinación de la cantidad de materia seca y curva de calibración del Rising Plate Meter (RPM).

Tabla 10.

Resumen del modelo^b entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida del total del RPM en la investigación Tulcán – Carchi 2022.

M	R	R ²	R ² Aj	E Sd	Estadísticos de cambio					DW
					C – R ²	C – F	GL _N	GL _D	SC – F	
1	0,220 ^a	0,048	0,043	1198,18	0,048	9,050	1	178	0,003	0,746

a. Predictores: (Constante). AC (cm)
b. Variable dependiente: MS Kg ha⁻¹

En la *Tabla 11* y *Figura 4*, se puede observar que el p – valor fue altamente significativo (p – valor < 0,01), lo que significa que se observa relación entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida del RPM totales; pero su coeficiente de bondad de ajuste o determinación fue bajo; lo que hace que el modelo no sea confiable.

Tabla 11.

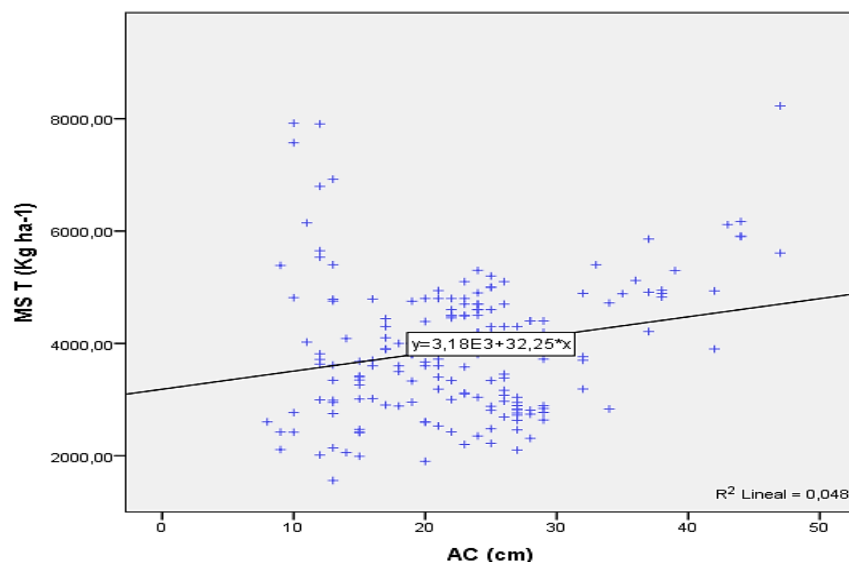
ANOVA^a de la relación entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida total del RPM en la investigación Tulcán – Carchi 2022.

	M	SC	GL	MC	F cal	p – valor
	Regresión	12991912,65	1	12991912,65	9,050	0,0030 ^b
1	Residuo	255542241,40	178	1435630,57		
	Total	268534154,00	179			

a. Variable dependiente: MS (Kg ha⁻¹)
b. Predictores: (Constante). AC (cm)

Figura 4.

Análisis gráfico de regresión lineal simple entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida (AC) total del RPM en la investigación Tulcán – Carchi 2022.



4.2. Discusión

4.2.1. Análisis de la discusión

De la *Tabla 2 – 6* y *Figura 2*, se observó una relación directa entre la altura comprimida (cm) del Rising Plate Meter (RPM) con la materia seca consumible, es decir, esta consideró la parte consumible del forraje o pastura útil, sin tomar en cuenta la parte vegetativa o segmento alrededor de los cinco centímetros desde la vaina basal y en el procesamiento de los datos estadísticamente robusteció el modelo propuesto; al considerar solo la parte útil consumible por el ganado y esta como criterio determinante del manejo eficiente de la pradera, por lo expuesto por (Linares y Cárdenas, 2013) uno de los criterios determinantes en el manejo eficiente de la pastura o mezcla forrajera, es la determinación de la biomasa consumible por el ganado lechero, de carne, doble propósito o procesos de ensilaje y henificación en la unidad productiva, por lo que es importante, considerar tecnologías que faciliten esta actividad tan primordial, para lo cual el RPM; facilita este proceso; previa calibración del equipo y adaptado a las condiciones edafoclimáticas del lugar.

El modelo lineal resultante del método innovador $MS (Kg ha^{-1}) = 100,294 * (AC_{cm}) + 77,504$, donde MS: es la cantidad de materia seca y AC: es la altura comprimida del Rising Plate Meter (RPM), tuvo buenos indicadores estadísticos que validaron el

modelo para su uso y aplicación en campo, por lo expuesto por Linares y Cárdenas (2013) el modelo resultante de los datos de investigación fue $MS \text{ (Kg ha}^{-1}\text{)} = 249,581 + 79,6726 * \text{ altura comprimida (cm)}$ tuvo utilidad en campo, es recomendable que las relaciones lineales de las variables, sean validadas en las condiciones edafoclimáticas específicas de la zona de interés, para estimar con precisión la biomasa útil.

De la *Tabla 7 y Figura 3*, se observó el efecto del porcentaje de contaminación de la muestra en la relación de las variables altura comprimida consumible (cm) y cantidad de materia seca (Kg ha^{-1}), esto debe considerarse para que la estimación adecuada de la biomasa de interés, por lo expuesto, Moreno, *et al.* (2019) el muestreo adecuado, permite obtener relaciones más precisas entre las variables altura comprimida y cantidad de biomasa, que depende de las características de la composición botánica de las muestras, así como, considerar la resistencia mecánica que experimenta el plato del RPM conforme se acerca a la parte basal del pasto o forraje, el cual dependiente de su estado fenológico y tipo de mezcla forrajera, ofrecerá mayor o menor resistencia mecánica.

De la *Tabla 8 – 11 y Figura 4*, se observó una baja correlación entre las variables materia seca (MS) y altura comprimida (AC) totales, lo que presenta un problema en la estimación de la biomasa total, que pudo deberse a que considera la totalidad vegetativa del pasto o forraje, incluido la parte de la vaina basal, porque esta incide en el error de muestreo por el efecto de factores relacionados a la uniformidad de la pastura, etapa fenológica y tipo de mezcla forrajera, por lo tanto, en el análisis de los datos, presentó problemas de estimación en la cantidad de materia seca, resultando en una dispersión de los datos, por tal motivo, no se debería considerar, en la aplicación de un modelo de estimación; así el modelo tradicional que considera estas variables con esta forma de muestreo no tendría la eficiencia que se requiere, por lo expuesto por (López, Fontenot y García, 2011) los métodos indirectos sobrestiman la biomasa de la pastura o mezcla forrajera, se debe enfatizar, la necesidad de ser muy cuidadoso, al seleccionar la metodología para estimar la biomasa de las praderas, porque pueden obtenerse, estimaciones segadas de la misma cosecha de forraje o pastura.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se estableció el modelo lineal para la estimación de la cantidad de materia seca (MS), considerando la variable altura comprimida (SC) del RPM consumible o metodología innovadora, donde se obtuvo una alta correlación entre las variables y su validación estadística fue aceptable; por lo tanto, su utilidad en campo es viable.
- Se estableció el modelo lineal para la estimación de la cantidad de materia seca (MS), considerando la variable altura comprimida (SC) del RPM total o metodología convencional, donde se obtuvo una baja correlación entre las variables y su validación estadística resultó no aceptable; por la alta dispersión de los datos, por lo tanto, su utilidad en campo no es viable.
- Debido a la baja correlación de las variables, en la metodología tradicional, no fue posible hacer una comparación entre las metodologías, por lo que se reduce, la investigación a la inferencia y estimación a la viabilidad de la metodología innovadora.
- El comportamiento del modelo lineal considerando la composición de la mezcla forrajera, tiene relación con el porcentaje de maleza o contaminación, y afectó la cantidad de materia seca de interés, por lo tanto, debe ser considerada, para una estimación correcta de la biomasa útil.

Recomendaciones

- Tomar los datos, de acuerdo a la temporada climática, tratando de abarcar el registro durante todo el año; para tener una confiabilidad más acertada del modelo y ajustar para cada mes, de ser posible y utilizando la metodología adecuada, para evitar sobreestimaciones erradas.
- Tomar una cantidad mayor de datos, para que la estimación de la cantidad de biomasa, sea más acertada; recomendable mínimo cien datos; tratando de abarcar la mayor área posible de la unidad productiva y tomando en cuenta

la caracterización botánica de la mezcla forrajera o pastura; identificando el porcentaje real de malezas.

- Tener mucho cuidado con la metodología utilizada, para la estimación de la cantidad de biomasa de interés, y las variables consideradas como la precipitación y temperatura, deben tener un registro importante en la cantidad de datos posible, para que puedan ser integrados en el ajuste del modelo.

REFERENCIAS

- Aguirre, Z., Jaramillo, N., & Quizhpe, W. (2019). *Arvenses asociadas a cultivos y pastizales del Ecuador*. Quito, Ecuador: UNL ec. Obtenido de https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2019-12/ARVENSES%20ASOCIADOS%20A%20CULTIVOS%20Y%20PASTIZALES%20DEL%20ECUADOR_compressed.pdf
- Alcóser, L. (2016). Evaluación de la eficiencia agronómica de Nitrógeno en Rye grass perenne (*Lolium perenne*) var. ONE 50. *UCE - FCA - EIA ec*, 1 - 75. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9418/1/T-UCE-0004-56.pdf>
- Boschini, C., & Pineda, L. (2016). Ensilaje de kikuyo (*pennisetum clandestinum* o *kikuyuocloa clandestina*) fermentado con tres aditivos. *UCR cr*, 1659-1321. doi:<http://dx.doi.org/10.15517/am.v27i1.21877>
- Bourdôt, G., Fowler, S., Edwards, G., Kriticos, D., Kean, J., Rahman, A., & Parsons, A. (2007). Pastoral weeds in New Zealand: Status and potential solutions. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 139-161. doi:<https://doi.org/10.1080/00288230709510288>
- Canseco, C., Demanet, R., Balocchi, O., Parga, J., Anwandter, V., Abarzúa, A., . . . Lopetegui, J. (2007). Manejo del pastoreo. *FIA cl*, 23-49. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Oscar-Balocchi/publication/281041644_Determinacion_de_la_disponibilidad_de_materia_seca_de_praderas_en_pastoreo/links/577d01e608aef26c3b8097c5/Determinacion-de-la-disponibilidad-de-materia-seca-de-praderas-en-pastoreo.
- Cárdenas, A., & Garzón, J. (2011). Guía de manejo de pastos, para la sierra sur ecuatoriana. *INIAP ec*, 1-23. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2318/1/BD407.pdf>
- Caseley, J. (19 de 06 de 2021). *fao.or*. Obtenido de *Herbicidas*: <http://www.fao.org/3/T1147S/t1147s0e.htm>
- CIAT co. (2019). Establecimiento y manejo de pasturas mejoradas - Algunos aspectos clave a considerar. *International Center for Trópic Agriculture - CIAT*, 1-20. Obtenido de https://www.biopasos.com/biblioteca/100v%20Cartilla_Manejo_Pasturas_CRP_Livestock_Final-2.pdf
- De la Roza, B., Martínez, A., & Argamentería, A. (2002). Determinación de la materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis. *SERIDA es*, 91-104. Obtenido de <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/1308/1312>
- DF org. (15 de 06 de 2021). *Lista de Especies de Galápagos*. Obtenido de *Lolium perenne* L.: <https://www.darwinfoundation.org/es/datazone/checklist?species=2145>

- Díaz, J., Lema, R., Garay, J., & Guerri, E. (2016). Control de malezas difíciles. *AAEA ar*, 1-13. Obtenido de https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/1268/INTA_CIC_PES_InstdeEconomia_Diaz_J_Control_malezas_dificiles_San_Luis_aspecto_s_microymacro_economicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Dimaté, H. (2016). Caracterización agronómica y nutricional de cultivares de Raigrás (*Lolium perenne*) en el Noreste de Bogotá. *ULS co*, 1-69. Obtenido de <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1287&context=zootecnia>
- DOW ar. (2020). *Herbicida GALANT HL*. Buenos Aires: DOW Agrosiences. Obtenido de <https://sumidas.com.ar/home/wp-content/uploads/2020/07/Galant-HL-Etiqueta.pdf>
- Espinales, J. (2019). Eficiencia de herbicidas en el control de malezas en plantaciones de *Eucalyptus globulus* Labill., cantón Urcuqui, provincia de Imbabura. *UTEQ ec*, 27-32. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3888/1/T-UTEQ-0093.pdf>
- FAO org. (28 de 10 de 2021). *La ganadería*. Obtenido de La ganadería y el medio ambiente: <https://www.fao.org/livestock-environment/es/>
- Fulkerson, B. (2007). Kikuyu grass. *Future Dairy*, 1-7. Obtenido de <https://future dairy.com.au/wp-content/uploads/2016/02/TechNoteKikuyu.pdf>
- GAD Tulcán ec. (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial del Canton Tulcán. *GAD Tulcán*. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0460000210001_0460000210001-ACTUALIZACI%C3%93N%20PDOT%20TULCAN%202015-2019_17-04-2015_16-15-03.pdf
- González, E. (2008). Manual de uso de SPSS. *IUED es*, 165-199. Obtenido de http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:500727/Guia_SPSS.pdf
- Grijalva, J. (2011). La industria lechera en Ecuador: un modelo de desarrollo. *Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 65-70. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/5045/504550951009.pdf>
- Grijalva, J., Espinosa, F., & Hidalgo, M. (1995). Producción y utilización de pastizales en la región interandina del Ecuador. *INIAP ec*, 1-54. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=TnwzAQAAMAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=\(Grijalva,+Espinosa,+%26+Hidalgo,+1995&ots=wF9-oMzP2W&sig=P6QBVwiKwoHs4DgWUjFJR0TU9zY#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=TnwzAQAAMAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=(Grijalva,+Espinosa,+%26+Hidalgo,+1995&ots=wF9-oMzP2W&sig=P6QBVwiKwoHs4DgWUjFJR0TU9zY#v=onepage&q&f=false)
- Grinberg, N., Lovatt, A., Hegarty, M., Lovatt, A., Skøt, K., Kelly, R., . . . Skøt, L. (2016). Implementation of Genomic Prediction in *Lolium perenne* (L.) Breeding Populations. *Frontiers in Plant Science*, 1-10. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00133>

- Heguy, B., & Mendicino, L. (2017). Ganadería sustentable en la región metropolitana de Buenos Aires. *SMAS mx*, 1013-1022. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/75262/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Laca, E., Montague, D., Winckel, J., & Kie, J. (2000). Comparison of weight estimate and rising-plate meter methods to measure herbage mass of a mountain meadow. *Journal of Range Management*, 71-75. Obtenido de <https://journals.uair.arizona.edu/index.php/jrm/article/viewFile/8338/7950>
- León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador - Siembra y producción de pasturas*. Cuenca, Ecuador: UPS - ABYA YALA. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19019>
- Lile, J., Blackwell, M., Thomson, N., Penno, J., Macdonald, K., Nicholas, P., . . . Coulter, M. (2001). Practical use of the rising plate meter (RPM) on New Zealand dairy farms. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 159-164. Obtenido de <https://www.nzgajournal.org.nz/index.php/ProNZGA/article/view/2425/2053>
- Linares, C., & Cárdenas, J. (2013). Calibración del rising plate meter para estimar la disponibilidad de materia seca en praderas mixtas *Lolium perenne* - *Pennisetum clandestinum* en el municipio de Cota, Cundinamarca. *UDLS co*, 1-99. Obtenido de <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1001&context=zootecnia>
- López, I., Fontenot, J., & García, T. (2011). Comparaciones entre cuatro métodos de estimación de biomasa en praderas de festuca alta. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 209-220. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v2n2/v2n2a8.pdf>
- MAGAP ec. (2019). *Base de datos STRA*. Tulcán: MAGAP - STRA.
- Martínez, F. (10 de 03 de 2020). *Info pastos y forrajes*. Obtenido de Ficha técnica del Trébol blanco (*Trifolium repens*): <https://infopastosyforrajes.com/leguminosas-de-clima-frio/trebol-blanco-trifolium-repens/>
- McDonagh, J., Donovan, M., McEvoy, M., & Gilliland, T. (2016). Genetic gain in perennial ryegrass (*Lolium perenne*) varieties 1973 to 2013. *Euphytica*, 187-199. doi:<https://doi.org/10.1007/s10681-016-1754-7>
- Montoya, J. C. (2013). Malezas en pasturas perennes en base alfalfa. Alternativas de manejo. *INTA*, 40.
- Moreira, D., & Castro, C. (2016). *Intensificación sostenible*. San José - Costa Rica: IICA. Obtenido de <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3009/BVE17068923e.pdf?sequence=1>

- Moreno, D., Fonseca, C., Rodríguez, C., & Pulido, N. (2019). Calibración del medidor de placa ascendente en pradera de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst.ex Chiov) en el alto trópico colombiano. *UACH cl*, 52-62. Obtenido de <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193066603>
- Moreno, E. (2021). "Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas. *UTEQ ec*, 1-26. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/9205/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000292.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Muslera E., R. C. (1984). "Praderas y forrajes producción y aprovechamiento". *Mundi-Prensa*.
- Núñez, Ó. (2017). Los costos de la alimentación en la producción pecuaria. *JSAAS*, 1-2. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/pdf/jsaas/v4n2/v4n2_a01.pdf
- Paciullo, D., Aroeira, L., Coser, A., & Cardoso, R. (2004). Rising plate meter and plant height to estimate the herbage mass in *Cynodon* sp. Swards. *FAO org*, 599-601. Obtenido de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR2004004715>
- Paladines, O. (2010). Recursos forrajeros para los Sistemas de Producción Pecuaria. *Facultad de Ciencias Agrícolas*, 1-267.
- Peña, D. (2019). Evaluación de la eficiencia de herbicidas para el control de malezas en plantación de *Pinus radiata* D. Don. *UTEQ ec*, 35-45. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3898/1/T-UTEQ-0103.pdf>
- Peñagaricano, J., & Nin, J. (2015). Residualidad de Haloxifop - metil y clethodim aplicados a barbecho en cultivo de trigo. *UDELAR uy*, 1-33. Obtenido de <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/8692/1/4046pen.pdf>
- Pravia, M., Montoss, F., Gutiérrez, D., Ayala, W., Andregnette, B., Invernizz, G., & Porcile, V. (2013). Estimación de la disponibilidad de pasturas y forrajes. *INIA uy*, 31-67. Obtenido de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7664/1/St-211-2013-p.31-67.pdf>
- Quilligana, S. (2016). Comparación productiva de tres cultivares de Ryegrass perenne (*Lolium perenne*) en términos de producción calidad. *UCE - FCA - EIA*, 82. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8031/1/T-UCE-0004-23.pdf>
- Riglos, M. (2016). Potencial de la mejora genética de algunas especies nativas y naturalizadas con aptitud forrajera de la región semiárida bonaerense. *UNP ar*, 1-62. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/54118/Documento_completo_.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Romanos, J. (1989). Evaluación de un instrumento para estimar la producción de forraje en praderas de Rye Grass anual. *UAAAN mx*, 1-41. Obtenido de

<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=tesisan.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=005556>

- Salazar, Á., & Cochet, H. (2016). Ha ciendas y campesinos lecheros en el Carchi (Ándes húmedos del norte del Ecuador): dinámica productiva y comparación de los resultados técnicos y económicos. *Geografía Agrícola mx*, 1-20. doi:10.5154/r.rga.2016.57.005
- Sevilla, R. (2017). *Recuperación de parcelas invadidas con kikuyo (Pennisetum clandestinum) mediante la siembra de arveja (Pisum sativum Linneo) en un sistema sin labranza*. Quito: UCE - FCA - EIA. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13151/1/T-UCE-0004-46-2017.pdf>
- Sotelo, M., Suárez, J., Álvarez, F., Castro, A., Calderón, V., & Arango, J. (2017). Sistemas sostenibles de producción ganadera en el contexto amazónico - Sistemas silvopastoriles: ¿una opción viable? *Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT*, 1-34. Obtenido de cgspace.cgiar.org
- Tafoya, A., Carrillo, R., & Medina, J. (2017). Control químico de las principales malezas del Altiplano para el cultivo de zarzamora (*Rubus* spp.) var Cheyenne. *XXXVIII Congreso Mexicano de la Ciencia de la Maleza*, 81. Obtenido de <https://somecima.com/wp-content/uploads/2018/07/2017.pdf#page=87>
- Taipicaña, C. (2019). Evaluación del efecto de tres herbicidas selectivos con tres dosis para el control de malezas en el cultivo de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en pre-emergencia. *UTC ec*, 1-75. Obtenido de <http://181.112.224.103/bitstream/27000/6603/6/PC-000689.pdf>
- Vargas, J., Sierra, A., Mancipe, E., & Avellaneda, Y. (2018). El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. *Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 137-156. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6662345>
- Verónica González y Marylin Tapia. (2017). Manual bovino de carne. *INIA*, 27.
- Werner, A. (2017). Efecto de la restricción hídrica y suministro de nitrógeno sobre las características productivas de una mezcla de *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L. *UACH cl*, 36. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2017/faw494e/doc/faw494e.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Certificado o Acta de aprobación del Perfil de Investigación.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
CENTRO DE POSGRADO
UNIDAD DE TITULACIÓN



Maestría en Agropecuaria mención Producción de Rumiantes

Acta de la sustentación oral de la predefensa del TDT

Código UPEC-P13-502-AT01; Versión: 02; 07 de diciembre de 2021

Maestrante Lima Martínez Hans Hern **Cédula de identidad:** 0401482146

Tribunal designado por la dirección de este Programa de Posgrado, conformado por:

Examinador/a presidente Ortiz Tirado Paúl Santiago

Tutor Batallas Vega Carlos Eduardo

Examinador/a Meneses Quelal Washington Orlando

Fecha: 6/9/2022

Lugar: Edificio de Posgrado, 2 **Hora:** 18:00
Piso. Aula 405

Art. 23.- De la aprobación de la pre-defensa del informe de investigación.-

El estudiante deberá obtener la nota mínima de 7/10.

Obteniendo las siguientes notas:

- | | |
|-----------------------------------|------|
| 1) Sustentación de la predefensa: | 5,33 |
| 2) Trabajo escrito | 2,53 |

NOTA FINAL DE PREDEFENSA: 7,87

Por lo tanto: **APRUEBA**

Art. 35.- De los estudiantes que aprueban el informe del trabajo de titulación con observaciones.

Art. 36.- De la no presentación a la predefensa del trabajo de titulación.

Para constancia del presente firman:

Ortiz Tirado Paúl Santiago
Examinador/a presidente

Batallas Vega Carlos Eduardo
Tutor

Meneses Quelal Washington Orlando
Examinador/a

Anexo 2. Certificado de aprobación del abstract por parte del Centro de idiomas.



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Lima Martínez Hans Hernán				
DATE: 6 de diciembre de 2022				
TOPIC: "Validación de dos metodologías de predicción en la ecuación del Rising Plate Meter en mezclas forrajeras"				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1 Vera Játiva Edwin Andrés,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED	TOTAL 9		



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DELCARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGECENTER

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Lima Martínez Hans Hernán

Fecha de recepción del abstract: 6 de diciembre de 2022

Fecha de entrega del informe: 6 de diciembre de 2022

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



Firmado electrónicamente por:
EDISON BOANERGES
PENAFIEL ARCOS

Ing. Edison Peñafiel Arcos
MSc Coordinador del
CIDEN